

## **KISSsoft Esercizio 3**

**Modifica del profilo per ruote cilindriche a denti diritti: spoglia di testa ed errore di trasmissione**

**KISSsoft AG**

Rosengartenstrasse 4  
8608 Bubikon  
Switzerland

Tel: +41 55 254 20 50  
Fax: +41 55 254 20 51  
info@KISSsoft.AG  
www.KISSsoft.AG

# 1 Problema

Vogliamo modificare la coppia d'ingranaggi cilindrici del file "CylGearPair 1 (spur gear)".

Faremo una modifica del profilo (spoglia) per evitare urti a inizio e fine ingranamento (contatto non coniugato di testa) e per ridurre l'errore di trasmissione. Supponendo di riuscire a realizzare l'ingranaggio senza errori di fabbricazione, dobbiamo trovare la modifica di profilo che minimizza l'errore di trasmissione quando è applicato il 75% del carico nominale. I parametri per la definizione delle modifiche di profilo per la ruota 2 devono essere documentati con un grafico "K".

## 2 Procedura

1. Calcolare l'errore di trasmissione senza apportare correzioni di profilo. *13,16*
2. Aprire il Tab "Correzioni" dal menu a tendina "calcolo", e cliccare per ottenere suggerimenti sulle modifiche da apportare. Usare solo "spoglia di testa" e valutare se si ottengono risultati migliori con correzioni lunghe o corte. *LUNGHE*  
NOTA: Il suggerimento di correzione tiene conto sia della deformazione del dente, sia degli errori di fabbricazione. In questo esempio vogliamo considerare solo le deformazioni del dente (supponiamo nulli gli errori di fabbricazione).
3. Usare la funzione "Errore di Trasmissione", per verificare l'effetto della modifica del profilo.  
NOTA: Cliccare su "Grafica" - "Geometria 2D" - "Ingranamento" per verificare se c'è effettivamente contatto su tutta la linea d'azione teorica, dal cerchio di testa del pignone a quello della ruota, o se c'è invece un contatto prolungato nello spigolo di testa del fianco del dente. *OK*
4. Una volta trovata la soluzione per il 75% del carico nominale, controllare cosa succede all'errore di trasmissione per il 50%, 63%, 87%, e 100%. *16,17*
5. Come vengono documentate le modifiche di profilo nei disegni di fabbricazione?

Nota 1: Per apportare "correzioni" di profilo vedi Figura1.

Dati base	Profilo di riferimento	Finitura	Tolleranze	Correzioni	Carico	Fattori
Modifiche						
Ruota 1						
Ruota 2						
Tipo di modifica di testa						
Modifica testa						
Smusso per ogni ...remità dei denti $b_c, d_{sc}$						
Ruot Fianc						
Tipo di correzione						
Valore [ $\mu$ m]						
Fattore 1						
Fattore 2						
Stat: Informazione						

Figura 1. Tab, "Correzioni"

Nota 2: Il calcolo dell' "Errore di Trasmissione" viene eseguito nel modo seguente:

- Aprire il Tab "Analisi del contatto" nel menu "Calcolo";
- Cliccare sull'icona " $\Sigma$ " (oppure "F5" da tastiera) per eseguire l' Analisi del contatto.
- Il diagramma "Errore di Trasmissione" si trova sotto "Grafica", "Analisi del contatto", "Errore di Trasmissione".



## 3 Soluzione

### 3.1 Calcolare l'errore di trasmissione senza modifica del profilo

- Caricare il file "CilGearPair1 (spur gear)".
- Cliccare nella barra degli strumenti nell'icona "Σ" (oppure "F5" da tastiera) per eseguire il calcolo.
- Selezionare "Analisi del contatto" dal menu "calcolo" per attivare il Tab "Analisi del contatto".
- Posizionarsi sul Tab "Analisi del contatto" ed impostare "Carico parziale per il calcolo 75%".
- Cliccare l'icona "Σ" nella barra degli strumenti (oppure "F5" da tastiera), e poi aprire la finestra "Errore di Trasmissione" sotto "Grafica - Analisi del contatto - Errore di trasmissione".

Dati base | Profilo di riferimento | Finitura | Tolleranze | Correzioni | Carico | Fattori | **Σ Analisi del contatto**

Dati contatto

Errore di passo singolo  $f_{pt}$  0.0000  $\mu\text{m}$

Coefficiente d'attrito  $\mu$  0.1000

Scostamenti di fabbricazione Non da considerare

Analisi del contatto

Precisione di calcolo medio

**Carico parziale per il calcolo  $w_t$  75.0000 %**

Distribuzione del carico calc 96.0909 %

Considerare lo spettro di c...

Allineamento assi

Allineamento assi...

Tolleranza interasse Scostamento interasse medio

Interasse a 303.0000 mm

Calcolo usura iterativo

Usura massima consentita per ciascun passo  $\Delta w$    $\mu\text{m}$

Numero massimo di iterazioni

Figura 2. Tab, "Analisi del contatto"

#### 3.1.1 Risultati

L'errore di trasmissione è = 12.88  $\mu\text{m}$  come si può vedere sia dal grafico che dai "Risultati".

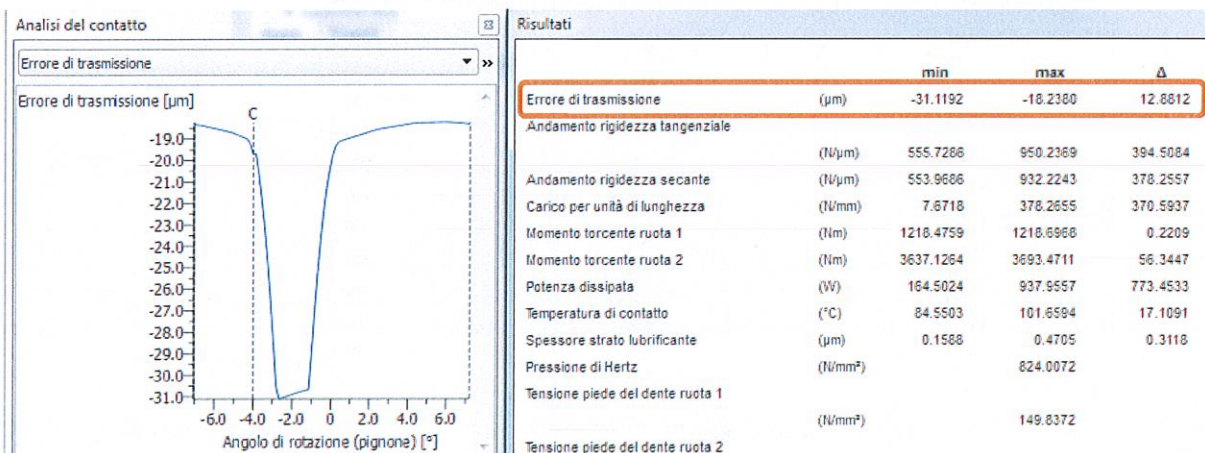


Figura 3. Errore di trasmissione con  $w_t = 75\%$  senza correzioni di profilo.

Se ci posizioniamo nel Tab "Analisi del contatto" ed eseguiamo il calcolo, nel diagramma "Ingranamento" sarà visualizzata la linea d'ingranamento sotto carico. Il grafico "Ingranamento", si trova sotto "Grafica - Geometria 2D - Ingranamento".

Un contatto che cambia direzione all'altezza del diametro di testa è tipico degli ingranaggi senza correzione. Dalla Figura 4, si vede che c'è un urto a inizio e fine ingranamento (ingranaggi rumorosi). Inoltre, il rischio di grippaggio è elevato, a causa delle elevate pressioni che si generano nel diametro di testa del dente<sup>1</sup>.

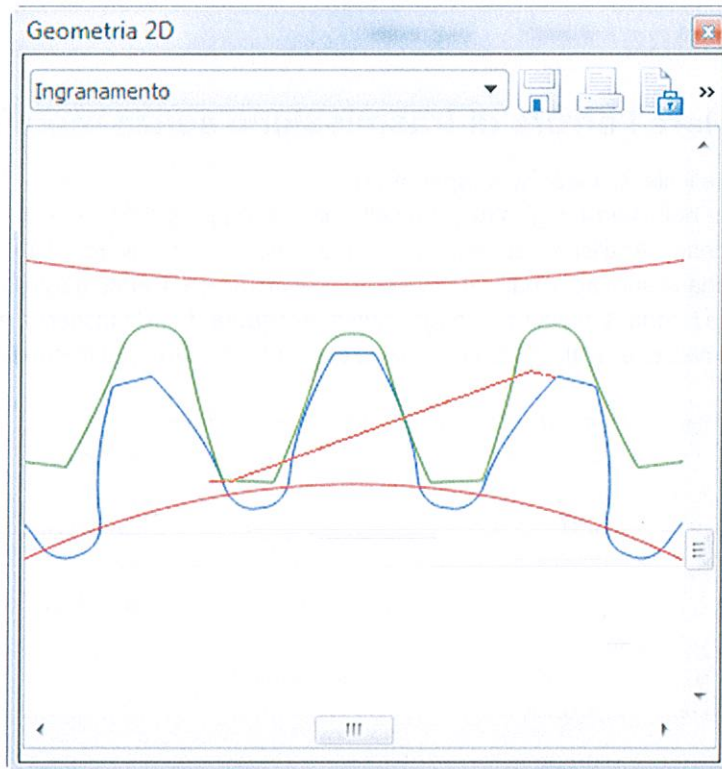


Figura 4. Linea d'ingranamento senza correzioni di profilo.

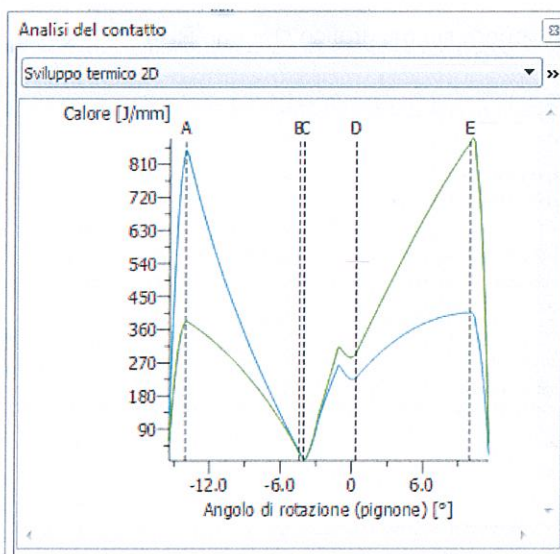


Figura 5. Sviluppo termico senza correzioni di profilo.

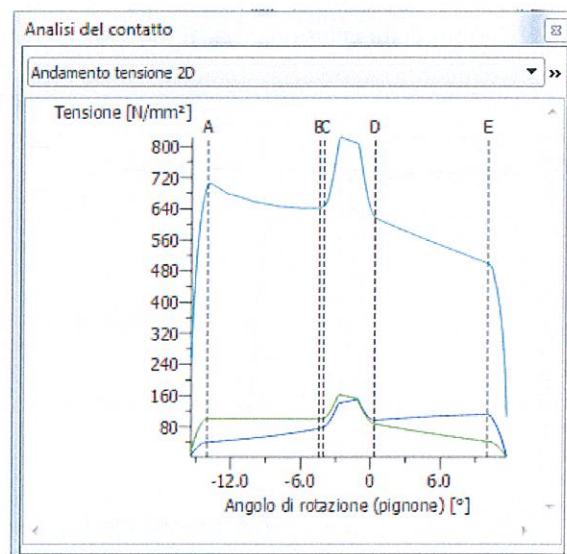


Figura 6. Andamento tensione senza correzioni di profilo.

<sup>1</sup>Per valutare il rischio di grippaggio, vedere anche il grafico "Sviluppo termico" e per l'andamento della pressione di contatto il grafico "Andamento tensione".

Per avere dei suggerimenti sulle modifiche di profilo, aprire il Tab "Correzioni" dal menu "Calcolo" e selezionare il pulsante "crea" cerchiato in arancione in Figura 7.

Figura 7. Tab "Correzioni"

Dai menu a tendina (Figura 8) selezionare:

- (A) "Spoglia di testa";
- (B) "Correzione breve del profilo". In seguito sarà usata la correzione lunga come termine di paragone;
- (C) imputare Carico parziale per il dimensionamento = 75%;
- (D) lasciare invariato gli errori di fabbricazione;
- (E) premere "Calcolare" e i valori "Spoglia di testa" sono il suggerimento di modifica.

Correzione di		<input checked="" type="checkbox"/> Ruota 1	<input checked="" type="checkbox"/> Ruota 2	
Spoglia di testa	$C_{cs}$	31.0000	31.0000	$\mu\text{m}$
Diametro	$d_{cs}$	159.1495	460.5470	mm
Fattore lunghezza	$L_{cs}$	0.9869	0.9869	
Spoglia di piede	$C_{cp}$	0.0000	0.0000	$\mu\text{m}$
Diametro	$d_{cp}$	0.0000	0.0000	mm
Fattore lunghezza	$L_{cp}$	0.0000	0.0000	

Figura 8. Impostazioni nella finestra "Dimensionamento correzioni".

### 3.2 Come determinare l'influenza degli errori di fabbricazione e della deformazione del dente nella proposta di modifica della spoglia di testa.

Se in Figura 8, (D) è impostato a 0% e (C) al 75%, solo le deformazioni del dente sono tenute in considerazione nel calcolo. Se si preme il pulsante "Calcolare", il suggerimento per la spoglia di testa per entrambi gli ingranaggi è 31 $\mu$ m. Per verificare gli effetti delle modifiche premere "Accettare" e una volta posizionati in "Analisi del contatto" premere " $\Sigma$ " e il diagramma "Ingranamento" verrà aggiornato.

### 3.3 Effetto delle modifiche di profilo sull'errore di trasmissione.

Per verificare le conseguenze dei cambiamenti apportati, andare "Grafica – Analisi del contatto - Errori di trasmissione" (Figura 9). L'errore di trasmissione è = 15.04  $\mu$ m, superiore al caso senza modifiche di profilo!

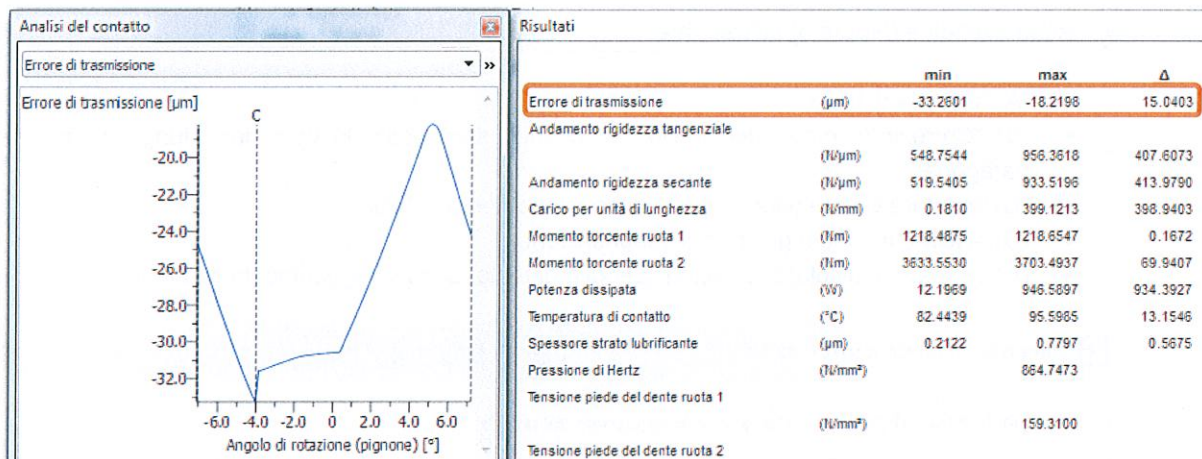


Figura 9. Errore di trasmissione con spoglia di testa (31/31  $\mu$ m).

Guardando il diagramma "Ingranamento" (Figura 10) ingrandito è possibile notare che il contatto al piede del pignone non raggiunge il diametro di testa della ruota.

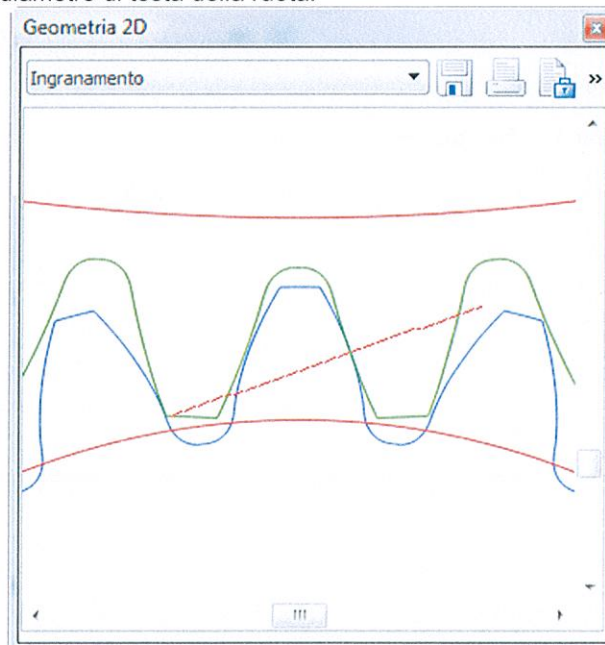


Figura 10. Andamento della linea d'ingranamento con spoglia di testa (31/31  $\mu$ m).

Vedere cosa succede riducendo la spoglia di testa. Provare per esempio 31 / 30  $\mu\text{m}$  invece di 31/31  $\mu\text{m}$ . Andare nel Tab "Correzioni" e imputare 31/30  $\mu\text{m}$  poi ritornare nell' "Analisi del contatto" ed eseguire il calcolo " $\Sigma$ " nuovamente. I grafici si aggiornano automaticamente e sono riportati in Figura 11 e 12.

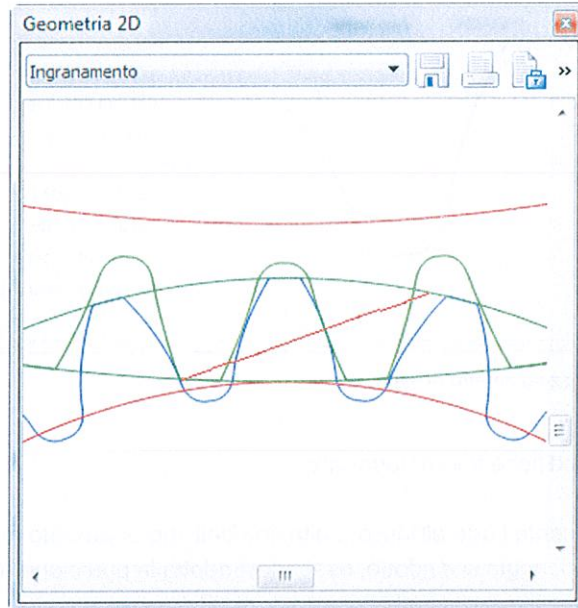


Figura 11. Andamento della linea d'ingranamento con spoglia di testa (31 / 30  $\mu\text{m}$ ).

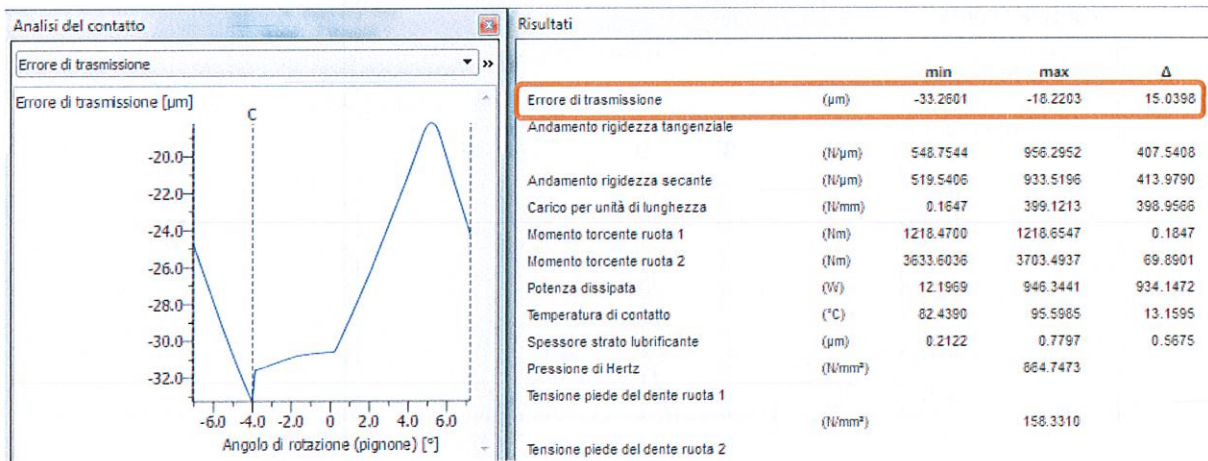


Figura 12. Errore di trasmissione con spoglia di testa (31 / 30  $\mu\text{m}$ ).

Con le modifiche apportate, la linea d'azione, arriva ai diametri di testa. Il valore dell'errore di trasmissione è ridotto di poco rispetto a quello precedente ma superiore al caso senza modifiche.

NOTE: Per visualizzare il diametro di testa vedi Figura 14.

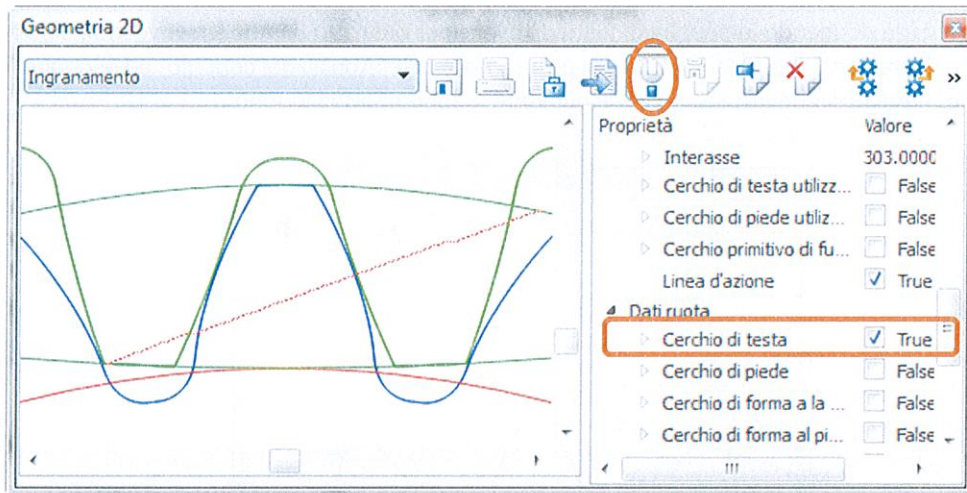


Figura 13. Visualizza diametro di testa.

Conseguenze delle modifiche finora apportate:

- Non è più presente l'urto all'inizio e alla fine dell' ingranamento (ingranaggi meno rumorosi).
- Il rischio di grippaggio si è ridotto, essendosi ridotta la pressione alla testa del dente (vedi Figura 14).
- **Ma, "L'Errore di trasmissione rimane grande"!**

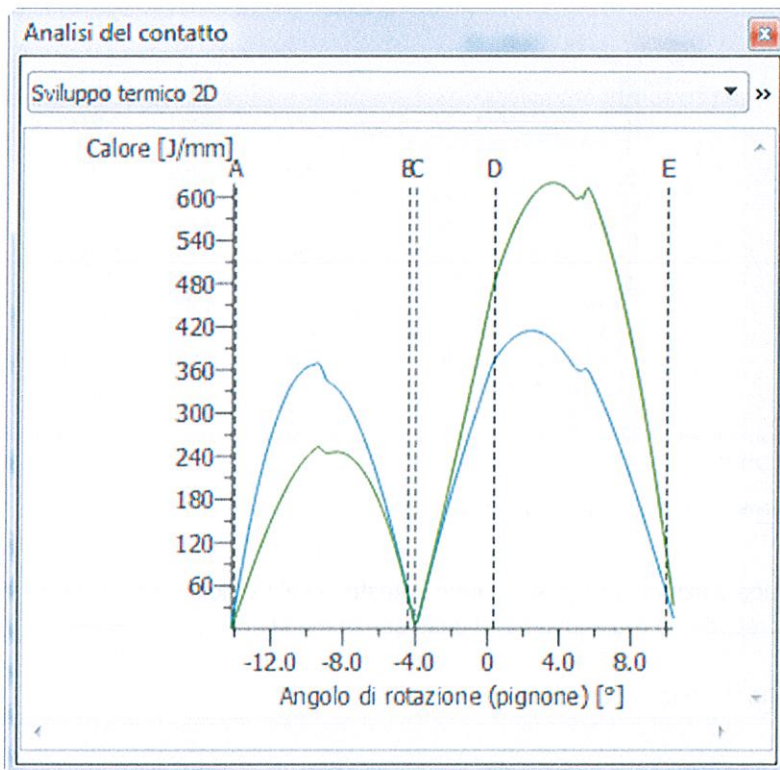


Figura 14. Sviluppo termico con spoglia di testa (26/26  $\mu\text{m}$ ).

## Adesso ripetere l'esempio usando "Correzione lunga del profilo, lineare".

Risultati con correzione lunga del profilo, spoglia di testa 31/31  $\mu\text{m}$ :

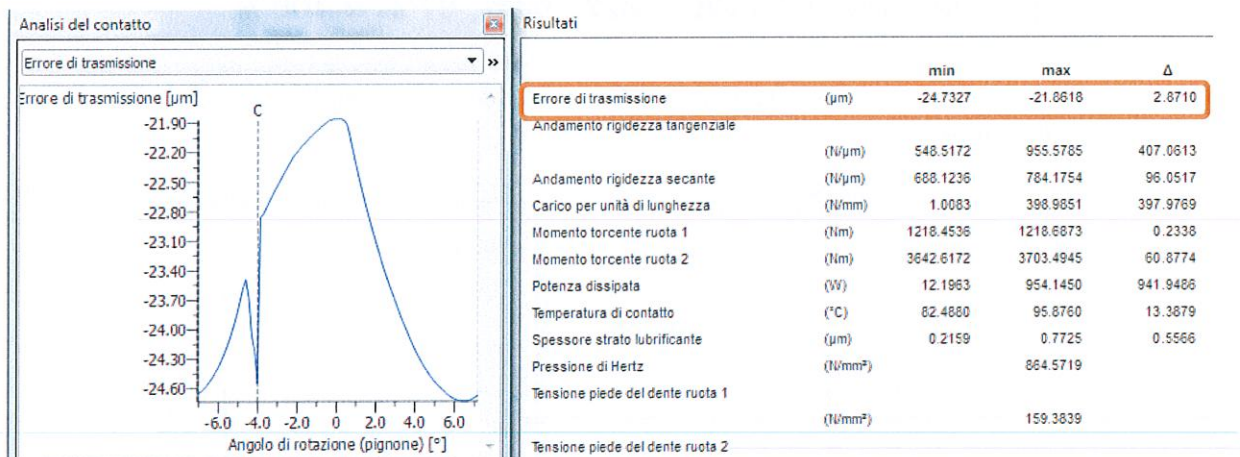


Figura 15. Errore di trasmissione.

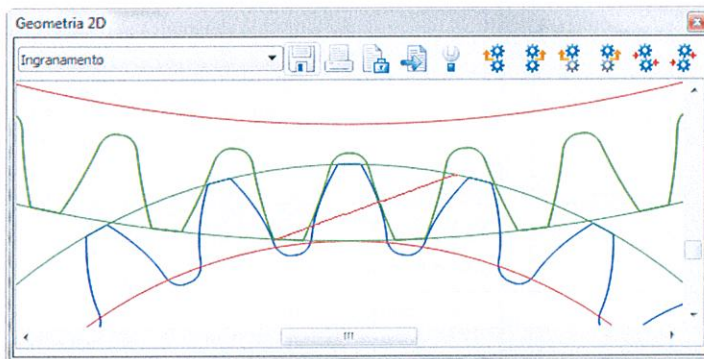


Figura 16. Andamento della linea d'ingranamento.

L'errore di trasmissione adesso è = 2.87  $\mu\text{m}$ .

Facciamo un paragone con il caso senza modifiche:

- Errore di trasmissione ridotto di oltre il 75%.
- Rischio di grippaggio ridotto in modo rilevante (con entrambi i tipi di correzione, corta e lunga).

### Conclusioni

La correzione di profilo lunga è più appropriata per ridurre l'errore di trasmissione. Per il rischio di grippaggio sono adatte entrambe.

Per ottenere una soluzione ottimale si dovrebbe provare a fare il calcolo cambiando il "tipo di correzione".

### 3.4 Usando la soluzione ottenuta con “correzione lunga del profilo, lineare” e carico $W_t = 75\%$ , controllare come varia l'errore di trasmissione con $W_t = 50\%$ , $63\%$ , $87\%$ , e $100\%$ .

Questi cambiamenti possono essere fatti nel Tab “Analisi del contatto” nella riga “Carico parziale per il calcolo  $W_t$ ”. (Vedi Figura 2).

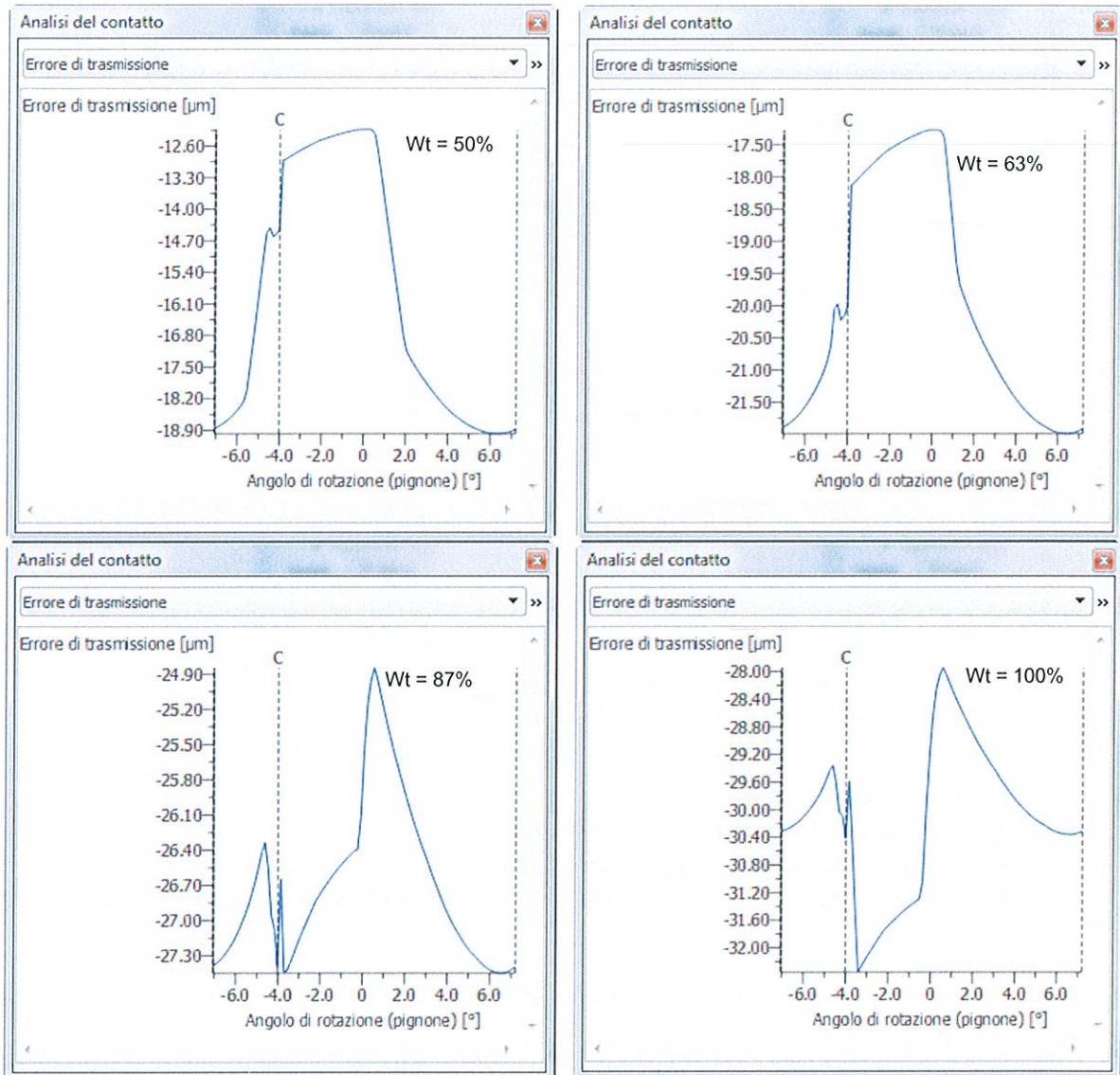


Figura 17. Errore di trasmissione con “Carico parziale”  $W_t = (50\%, 63\%, 87\% \text{ e } 100\%)$ .

Errore di trasmissione in funzione del carico parziale:

Carico parziale [%]	50	63	87	100
Errore di trasmissione [ $\mu\text{m}$ ]	6.74	4.71	2.60	4.428

### 3.5 Il grafico "K" definisce le correzioni di profilo per gli ingranaggi e andrebbe riportato nei disegni degli ingranaggi.

Le modifiche di profilo possono essere indicate con un grafico "K". Per visualizzare questo tipo di grafico andare in "Grafica - Geometria 2D - Diagramma profilo" e scegliere ruota 1 o ruota 2.

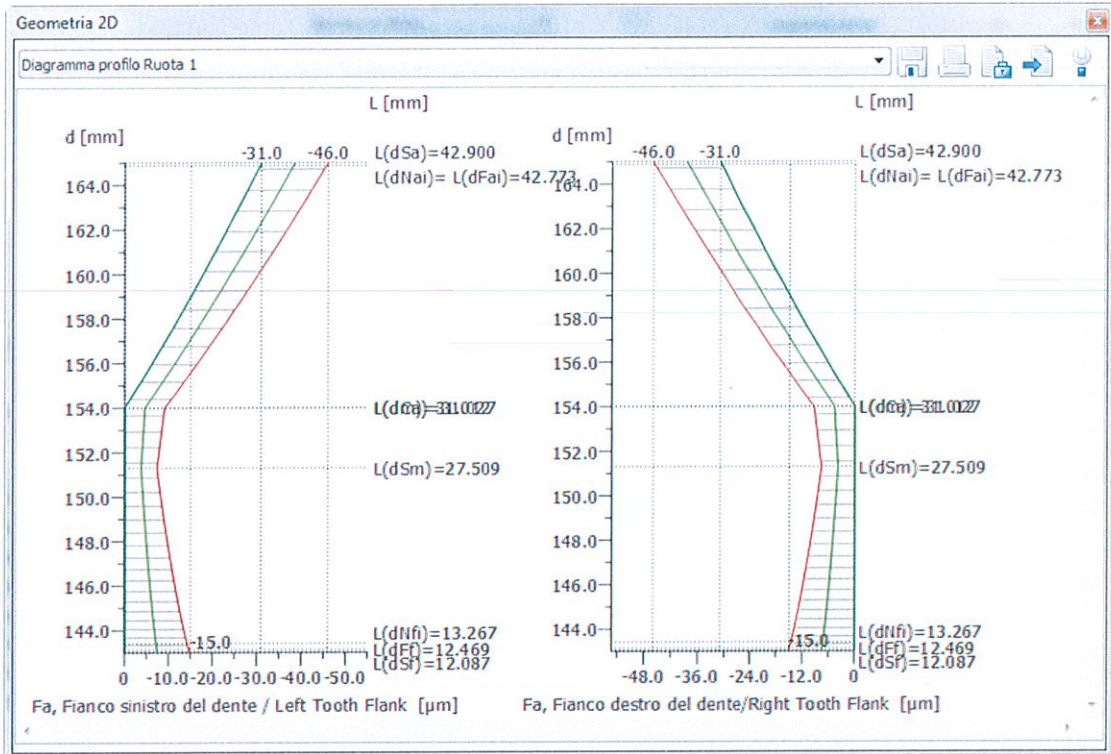


Figura 18. Diagramma profilo ruota 1.

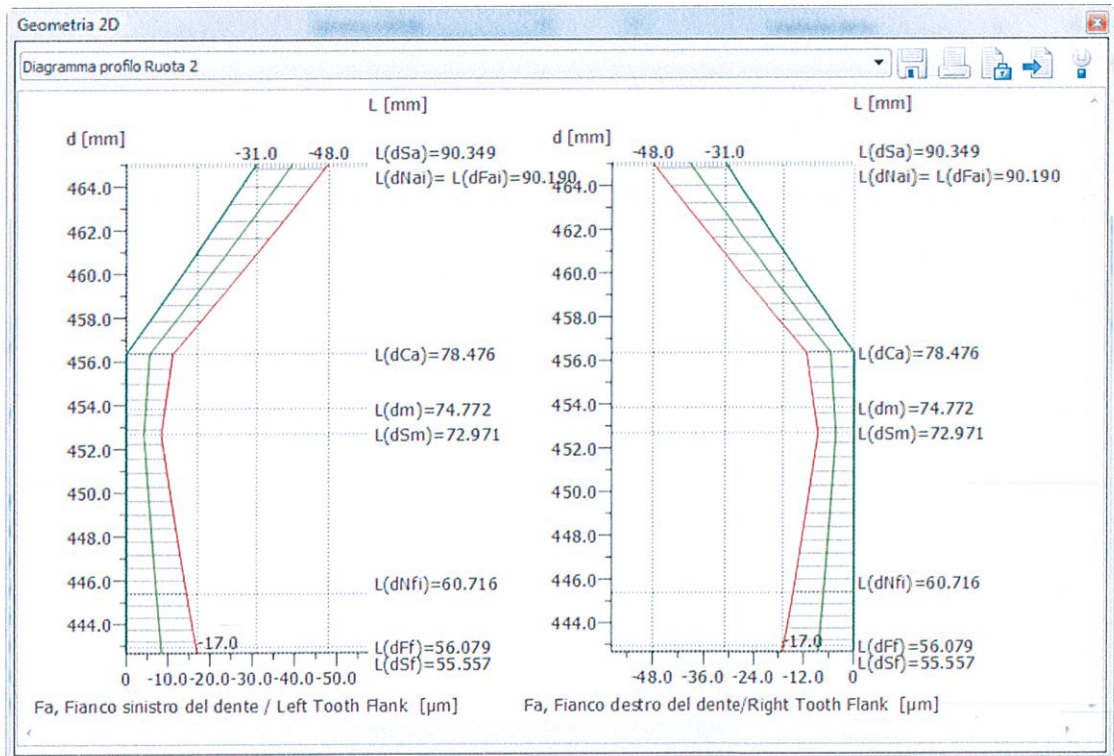
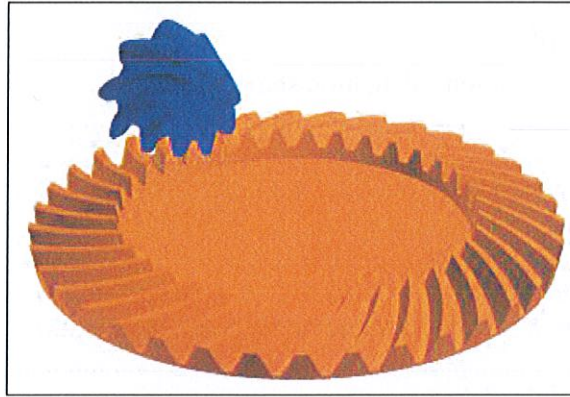
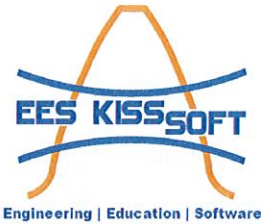


Figura 19. Diagramma profilo ruota 2.



EES KISSsoft GmbH  
Neudorfstr. 22  
6313 Menzingen  
Switzerland

++41 41 755 09 54 (Phone)  
++41 41 755 09 48 (Fax)  
h.dinner@EES-KISSsoft.ch  
www.EES-KISSsoft.ch



## 1 Exercise Bevel 002: Gleason calculation sheet

### 1.1 Summary

When working on Gleason spiral bevel gears, the gear data is often given in Gleason format which deviates from the ISO format. In Gleason format, many gear properties are defined on the outer diameter of the gear whereas in ISO format, the data is typically defined in the middle of the face width.

This exercise illustrates how data from a Gleason gear data sheet may be introduced into KISSsoft for further calculations. For this purpose, there is a specific conversion menu to convert Gleason bevel gear data into ISO format

### 1.2 Task

1. Enter the data as given on a Gleason print out into KISSsoft for subsequent strength calculation.
2. Run a strength calculation considering

Public training exercise	EES KISSsoft GmbH Neudorfstr. 22 6313 Menzingen Switzerland www.EES-KISSsoft.ch	For release: 03-2013 Year-month: 12-003 Exercise No: Bevel 002 Name: Conversion of Gleason data Email: h.dinner@EES-KISSsoft.ch	Revision: 1 Autor: HD Date: 2013-05-09 Approved: HD Date: 2013-05-09
--------------------------	---	---	--

### 1.3 Document change record

Revision	Author	Date	Remarks
0	HD	2012-01-01	Original document
1	HD	2013-05-09	For Release 03-2012

### 1.4 Table of content

1	Exercise Bevel 002: Gleason calculation sheet.....	1
1.1	Summary.....	1
1.2	Task .....	1
1.3	Document change record .....	2
1.4	Table of content.....	2
2	Data given .....	3
2.1	Load and material data .....	3
2.2	Geometry data.....	3
3	Solution .....	6
3.1	Task 1, Input of the data .....	6
3.1.1	Basic data .....	6
3.1.2	Face milling.....	6
3.1.3	Interpreation of module.....	7
3.1.4	Data for the gear geometry:.....	7
3.1.5	Introduction in the GLEASON-Conversion-Tool of KISSsoft:.....	9
3.1.6	Cutter radius .....	9
3.1.7	Face angle and root angle.....	10
3.1.8	Introduction of the backlash: .....	11
3.1.9	Check.....	11
3.2	Task 2 .....	11
4	Appendices .....	12
4.1	Nomenclatura.....	12
4.2	Conventions .....	15

## 2 Data given

### 2.1 Load and material data

- Gears are case carburized, 20MnCr5, quality grade 7
- Gears are splash lubricated with ISO VG150 oil at 60C°
- Calculation of root and flank strength along DIN3991, calculation of scuffing strength along DIN3990-4
- Application factor KA=1.00, required life is 5000hours, speed of pinion is 400RpM, torque on pinion is 400Nm
- Use a load spectrum as shown below

Time fraction, [%] (with respect to total time)	Torque fraction, [-] (with respect to nominal torque)	Speed fraction, [-] (with respect to nominal speed)
10	1.20	0.50
20	1.00	1.00
70	0.80	1.10

### 2.2 Geometry data

Note that the Gleason dimension sheets typically contain accurate and detailed information on the gear geometry as shown below.

Typically, Gleason gears are face milled (we will assume face milled gears in this example).

	PINION	GEAR
* NUMBER OF TEETH . . . . .	17	33
* PITCH DIAMETER . . . . .		
* ADDENDUM . . . . .		0.2500
* FACE WIDTH . . . . .	10.00	10.00
* PERCENT ADDENDUM . . . . .	100.000	
* DEDUCT ADDENDUM . . . . .	100.000	
* TRANSMISSION NOMINAL RATIO . . . . .		1.1176
* FACE CONTACT RATIO . . . . .		1.5000
* ADDITIVED NOMINAL CONTACT RATIO . . . . .		1.1714
* WIPER ADDENDUM DIAMETER . . . . .		0.0000
* MEAN CONTACT DIAMETER . . . . .		0.0000
* PINION DIAMETER . . . . .	10.000	10.000
* GEAR DIAMETER . . . . .	10.000	10.000
* PINION LEAD INCH . . . . .	0.000	
* GEAR LEAD INCH . . . . .	0.000	0.000
* GEARING INCH . . . . .	1.000	1.000

ADDENDUM . . . . .	4.73		4.24
DEDENDUM . . . . .	5.26		5.75
OUTSIDE DIAMETER . . . . .	106.61		110.93
PITCH APEX TO CROWN. . . . .	49.24		46.90
MEAN CIRCULAR THICKNESS. . . . .	6.61		6.23
OUTER NORMAL TOPLAND . . . . .	2.11		2.14
MEAN NORMAL TOPLAND. . . . .	2.18		2.26
INNER NORMAL TOPLAND . . . . .	2.32		2.32
PITCH ANGLE. . . . .	43D 32M		46D 29M
FACE ANGLE OF BLANK. . . . .	47D 50M		50D 21M
ROOT ANGLE . . . . .	39D 39M		42D 19M
DEDENDUM ANGLE . . . . .	3D 53M		4D 19M
OUTER SPIRAL ANGLE . . . . .			43D 39M
MEAN SPIRAL ANGLE. . . . .			35D 0M
INNER SPIRAL ANGLE . . . . .			27D 53M
HAND OF SPIRAL . . . . .	RH		LH
DRIVING MEMBER . . . . .	PIN		
DIRECTION OF ROTATION-DRIVER	REV		
OUTER NORMAL BACKLASH. . . . .	0.15	MAX	0.20
DEPTHWISE TOOTH TAPER. . . . .	DPLX		
GEAR TYPE. . . . .			GENERATED
FACE WIDTH IN PCT CONE DIST.			41.429
DEPTH FACTOR - K . . . . .			0.000
ADDENDUM FACTOR - C1 . . . . .			0.000

No. 240 074 0010 and 240 534 003, the pinion was calculated as a right hand and the ring gear as a left hand gear. To reduce the maximum fillet stress, the greatest possible fillet root radius is used. The backlash is defined in the range from 0.15 to 0.2 mm.



### 3 Solution

#### 3.1 Task 1, Input of the data

##### 3.1.1 Basic data

Select “Gleason” type (modified slot width) and set the hand of the spiral for the pinion as shown below

Basic data | Manufacturing | Reference profile | Tolerances | Modifications | Rating

Type  
Modified slot width, fig 2 (Gleason)

Geometry

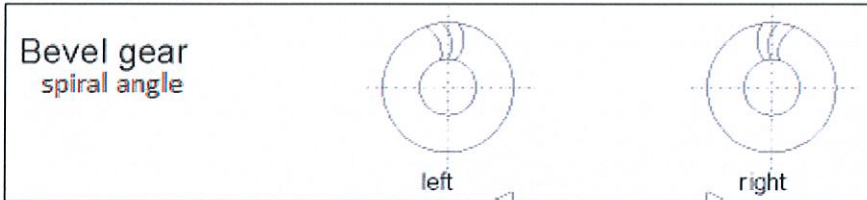
Normal module (middle)  $m_n$  3.4097 mm

Reference diameter gear 2 (outside)  $d_2$  105.0000 mm

Pressure angle at normal section  $\alpha_n$  22.5000 °

Gear 1 helix right hand

Note the conventions:



##### 3.1.2 Face milling

In spiral bevel gear cutting, two cutting methods are implemented in KISSsoft, face milling and face hobbing. Typically the face milling is used by Gleason and face hobbing by Klingelnberg (with exceptions).

Basic data | Manufacturing | Reference profile | Tolerances

Manufacturing data

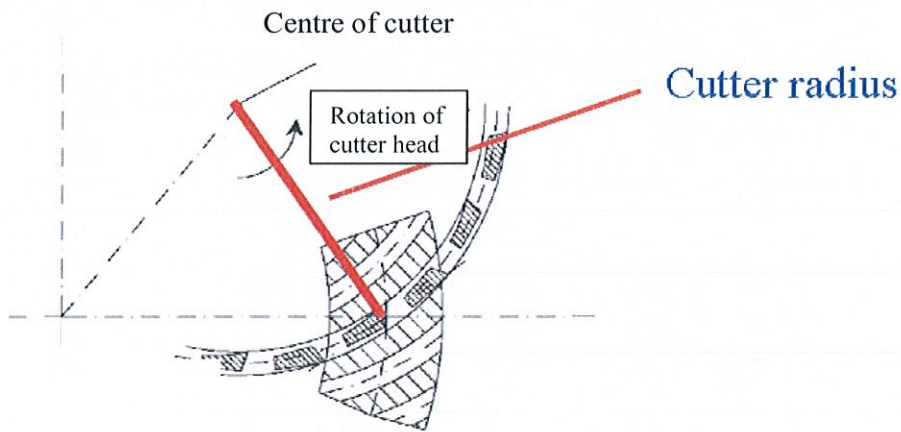
Adapt data from Klingelnberg machines list

Manufacturing Face milling

Process lapped

Figure 3.1-1 Select face milling operation

In the face milling process, the workpiece (the gear) does not rotate during the cutting process. The resulting form of the spiral is a circular arc which is only determined by the cutter radius. The process is indexing, meaning, one gap is cut at a time, then, the gear is rotated and the next gap is cut, see below.



### 3.1.3 Interpretation of module

Note that the module in the Gleason dimension sheet is normally the transverse module at the outer diameter → !! MODULE 5.250 is the transversal modul “met” (because Pitch dia.  $d_e2 / z2 = 105 / 20 = 5.250$ )

### 3.1.4 Data for the gear geometry:

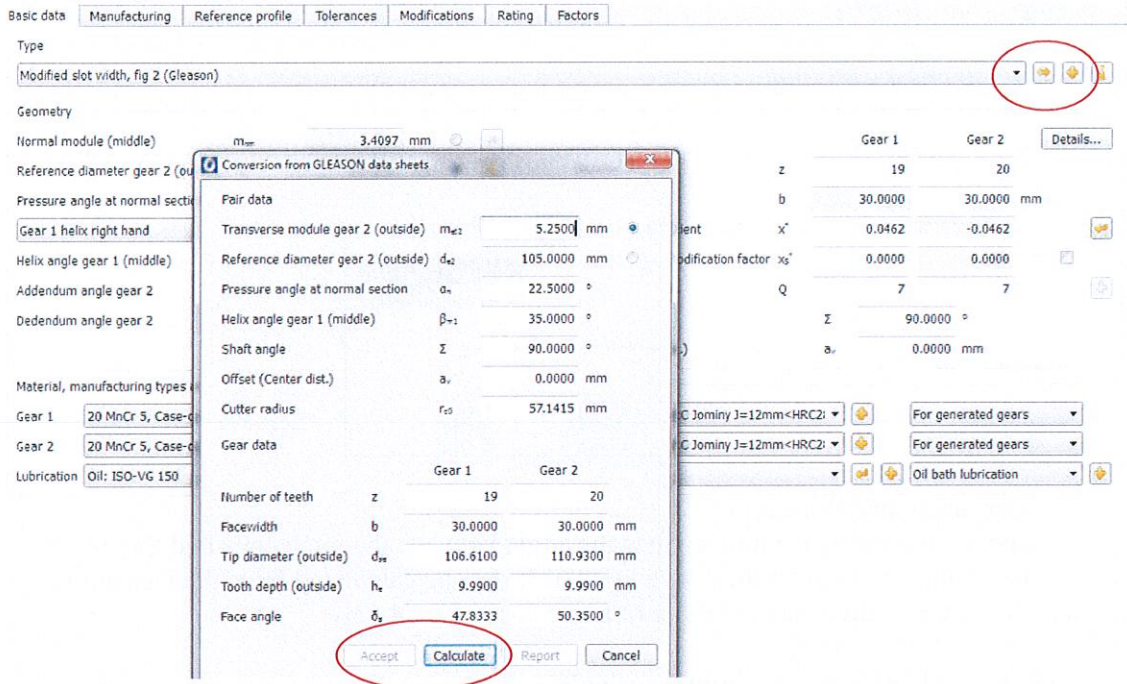
	FINION	GEAR
NUMBER OF TEETH. . . . .	19	20
PART NUMBER. . . . .		
MODULE . . . . .		5.250
FACE WIDTH . . . . .	30.00	30.00
PRESSURE ANGLE . . . . .	22D 30M	
SHAFT ANGLE. . . . .	90D 0M	
TRANSVERSE CONTACT RATIO . . . . .		1.175
FACE CONTACT RATIO . . . . .		1.635
MODIFIED CONTACT RATIO . . . . .		2.014
OUTER CONE DISTANCE. . . . .		72.41
MEAN CONE DISTANCE . . . . .		57.41
PITCH DIAMETER . . . . .	99.75	105.00
CIRCULAR PITCH . . . . .	16.49	
WORKING DEPTH. . . . .	8.91	
WHOLE DEPTH. . . . .	9.99	9.99
CLEARANCE. . . . .	1.02	1.02

ADDENDUM . . . . .	4.73	4.24	
DEDENDUM . . . . .	5.26	5.75	
OUTSIDE DIAMETER . . . . .	100.61	110.83	
PITCH APEX TO CROWN. . . . .	49.24	48.80	
MEAN CIRCULAR THICKNESS. . . . .	6.61	6.23	
OUTER NORMAL TOPLAND . . . . .	2.11	2.14	
MEAN NORMAL TOPLAND. . . . .	2.18	2.26	
INNER NORMAL TOPLAND . . . . .	2.32	2.32	
PITCH ANGLE. . . . .	43D 32M	40D 28M	
FACE ANGLE OF BLANK. . . . .	47D 50M	50D 21M	
ROOT ANGLE . . . . .	39D 39M	42D 10M	
DEDENDUM ANGLE . . . . .	3D 53M	4D 13M	
OUTER SPIRAL ANGLE . . . . .		43D 39M	
MEAN SPIRAL ANGLE. . . . .		35D 0M	
INNER SPIRAL ANGLE . . . . .		37D 53M	
HAND OF SPIRAL . . . . .	RH	LH	
DRIVING MEMBER . . . . .	FIN		
DIRECTION OF ROTATION-DRIVER	REV		
OUTER NORMAL BACKLASH. . . . . MIN	0.15	MAX	0.20
DEPTHWISE TOOTH TAPER. . . . .	DPLX		
GEAR TYPE. . . . .		GENERATED	
FACE WIDTH IN PCT CONE DIST.		41.429	
DEPTH FACTOR - K . . . . .		0.000	
ADDENDUM FACTOR - C1 . . . . .		0.000	

### 3.1.5 Introduction in the GLEASON-Conversion-Tool of KISSsoft:

Here in the Gleason data input window, the Transverse Module outside and other gear data has to be introduced. Then press calculate and accept the results.

Remark: The drawings (on page 2) are not needed for the input of the data, but they can be used to compare the outer dimensions of the gear blank.

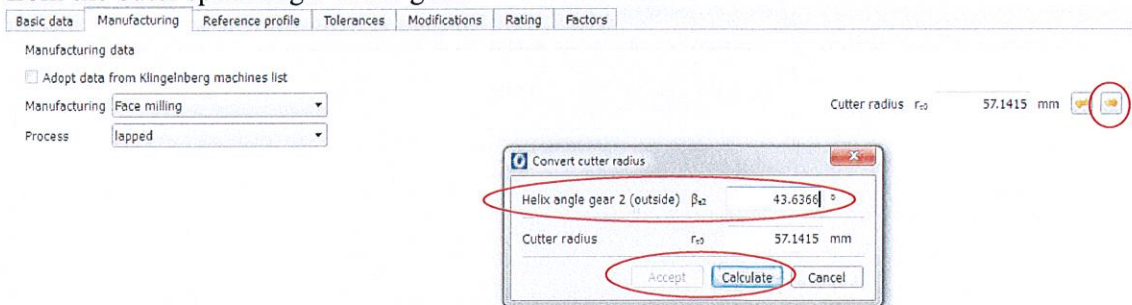


At this point in time, we don't know the cutter radius, leave it to the default value. We will calculate the correct value in the next section

### 3.1.6 Cutter radius

Note that the Cutter Radius is often not given in the data. However, it may be calculated from the helix angle outside of gear 2 as shown below. The cutter radius, together with the mean spiral angle and the face width, then define the spiral angle on the inside and outside of the gears.

For the definition of the outer and inner spiral angle, we need to find the cutter radius. For this, go to tab "Manufacturing" and use the conversion button to calculate the cutter radius from the outer spiral angle of the gear:



When you run the calculation, you can check the angles in the report and compare them to the angles in the data given.

Given data, spiral angles:

DEDENDUM ANGLE . . . . .	3D 53M	4D 18M
OUTER SPIRAL ANGLE . . . . .		43D 38M
MEAN SPIRAL ANGLE . . . . .		35D 0M
INNER SPIRAL ANGLE . . . . .		27D 53M
HAND OF SPIRAL . . . . .	RH	LH

Resulting data, spiral angles:

		GEAR 1	GEAR 2
Overall transmission ratio	[i(t)]		-1.053
Gear ratio	[i]		1.053
Outer spiral angle (°)	[beta <sub>e</sub> ]	43.6366	43.6366
Mean spiral angle (°)	[beta <sub>m</sub> ]	35.0000	35.0000
Inner spiral angle (°)	[beta <sub>i</sub> ]	27.8722	27.8722

### 3.1.7 Face angle and root angle

The addendum and the dedendum angle is the angle between the pitch cone and the tip / root cone. It is calculated based on the above input or it may be calculated from the face angle (angle of face cone / tip cone) and the root angle cone respectively:

Calculation of addendum angle from face angle:

Addendum angle gear 2	$\theta_{a2}$	3.8812 °	
Dedendum angle gear 2	$\theta_{r2}$	4.3021 °	

Material, manufacturing types and lubrication

Gear 1	20	Face angle $\delta_s$	50.3500 °	6-5 Figure 9/10 (N)
Gear 2	20	Addendum angle $\theta_a$	3.8812 °	6-5 Figure 9/10 (N)
Lubrication	Oil			

Accept Calculate Cancel

Calculation of dedendum angle from root angle:

Addendum angle gear 2	$\theta_{a2}$	3.8812 °		Sha
Dedendum angle gear 2	$\theta_{r2}$	4.3021 °		Sha

Material, manufacturing types and lubrication

Gear 1	20 MnCr 5, Case-carburized steel	Root angle $\delta_r$	42.1667 °
Gear 2	20 MnCr 5, Case-carburized steel	Dedendum angle $\theta_r$	4.3021 °
Lubrication	Oil: ISO-VG 150		

Accept Calculate Cancel



Addendum angle gear 2  $\theta_{a2}$  3.8812 ° Quality (DIN 3965) Q 7 7  
 Dedendum angle gear 2  $\theta_{d2}$  4.3021 ° Shaft angle  $\Sigma$  90.0000 °  
 Hypoid offset a 0.0000 mm

Material, manufacturing types and lubrication  
 Gear 1 20 MnCr 5, Case-carburized steel, case-hardened, ISO 6336-5 Figure 9/10 (MQ), core strength >=25HRC Jominy J=12mm<HRC2 For generated gears  
 Gear 2 20 MnCr 5, Case-carburized steel, case-hardened, ISO 6336-5 Figure 9/10 (MQ), core strength >=25HRC Jominy J=12mm<HRC2 For generated gears  
 Lubrication Oil: ISO-VG 150 Oil both lubrication

Define temperatures  
 Lubricant temperature  $T_s$  60.0000 °C  
 Input different temperatures for each load stage when using load spectra  
 OK Cancel

Now, select the calculation method and enter the load data as shown below.

Basic data Manufacturing Reference profile Tolerances Modifications Rating Factors

Strength  
 Calculation method Bevel gear DIN 3991:1988  
 Calculation method scuffing according to DIN 3990-1  
 Driving gear Gear 1  
 Application factor  $K_A$  1.0000  
 Load spectrum Own Input  Consider load spectrum  
 Reference gear Gear 1  
 Power P 16.7552 kW  
 Torque  $T_1$  400.0000 Nm  
 Speed  $n_1$  400.0000 1/min  
 Required service life H 5000.0000 h  
 Range of endurance limit according standard (ISO, AGMA or DIN)

Frequency [%]	Power factor	Speed factor	$K_{\alpha}$
1 10.000000	0.6000	0.5000	1.8750
2 20.000000	1.0000	1.0000	1.8750
3 70.000000	0.8800	1.1000	1.8750

Now, execute the strength calculation by pressing "F5" or and find the results as shown below:

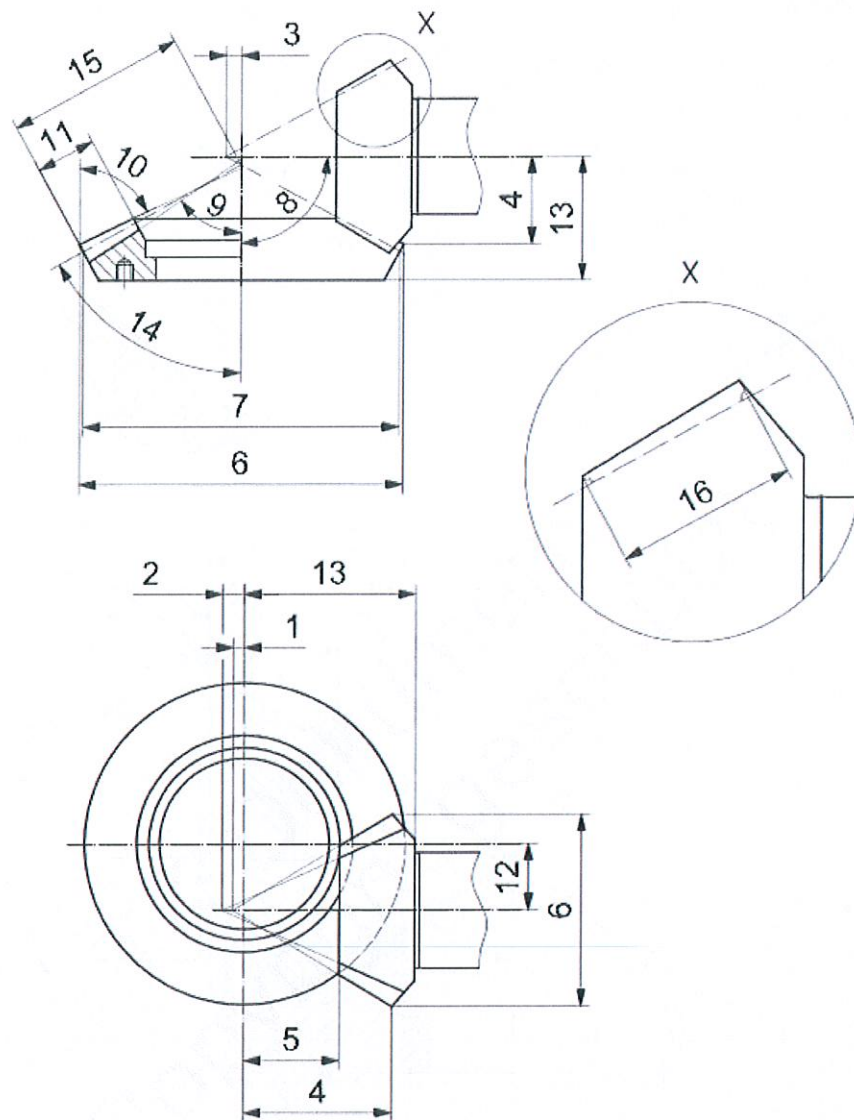
Results  
**Results with load spectrum (Own Input)**

Contact ratio (Transverse/Overlap)	1.1880	1.6064
Operation mode	Drive side	
	<b>Gear 1</b>	<b>Gear 2</b>
Tip circle $d_{te}$	106.610	110.930 mm
Root safety	1.4264	1.4303
Flank safety	1.3655	1.3709
Safety against scuffing (Integral temperature)	3.3907	

## 4 Appendices

### 4.1 Nomenclatura

The KISSsoft nomenclatura follows the ISO standard as follows:



**Key**

- |   |   |    |   |    |                            |
|---|---|----|---|----|----------------------------|
| 1 | face apex beyond crossing point, $t_{zF1}$  | 7  | outer pitch diameter, $d_{e1}, d_{e2}$          | 13 | mounting distance          |
| 2 | root apex beyond crossing point, $t_{zR1}$  | 8  | shaft angle, $\Delta$                           | 14 | pitch angle, $\alpha_2$    |
| 3 | pitch apex beyond crossing point, $t_{z1}$  | 9  | root angle, $\alpha_{f1}, \alpha_{f2}$          | 15 | outer cone distance, $R_e$ |
| 4 | crown to crossing point, $t_{x01}, t_{x02}$ | 10 | face angle of blank, $\alpha_{a1}, \alpha_{a2}$ | 16 | pinion face width, $b_1$   |
| 5 | front crown to crossing point, $t_{d1}$     | 11 | wheel face width, $b_2$                         |    |                            |
| 6 | outside diameter, $d_{a1}, d_{a2}$          | 12 | hypoid offset, $a$                              |    |                            |

NOTE 1 Apex beyond centreline of mate (positive values).

NOTE 2 Apex before centreline of mate (negative values).

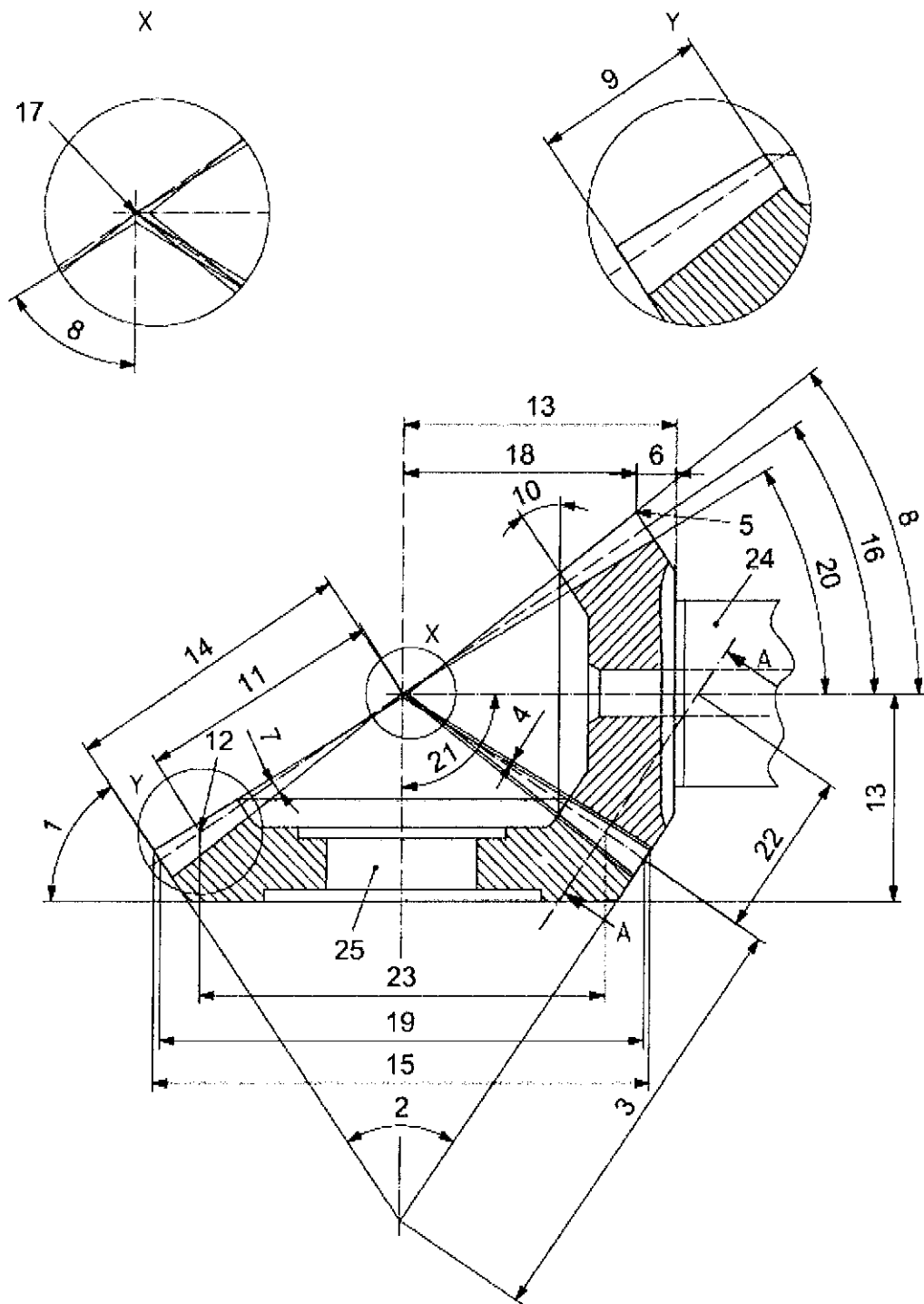


Figure 1 — Bevel gear nomenclature — Axial plane

**Key**

1 back angle	10 front angle	19 outer pitch diameter, $d_{e1}, d_{e2}$
2 back cone angle	11 mean cone distance, $R_m$	20 root angle, $\delta_{r1}, \delta_{r2}$
3 back cone distance	12 mean point	21 shaft angle, $\Sigma$
4 clearance, $c$	13 mounting distance	22 equivalent pitch radius
5 crown point	14 outer cone distance, $R_e$	23 mean pitch diameter, $d_{m1}, d_{m2}$
6 crown to back	15 outside diameter, $d_{ae1}, d_{ae2}$	24 pinion
7 dedendum angle, $\theta_{11}, \theta_{r2}$	16 pitch angle, $\delta_1, \delta_2$	25 wheel
8 face angle $\delta_{a1}, \delta_{a2}$	17 pitch cone apex	
9 face width, $b$	18 crown to crossing point, $t_{x01}, t_{x02}$	

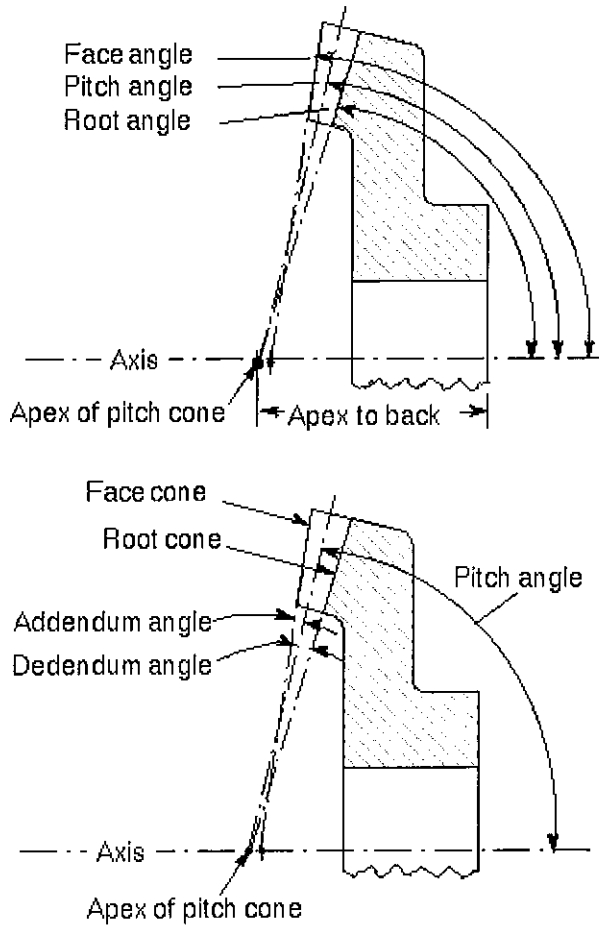
NOTE See Figure 2 for mean transverse section, A-A.

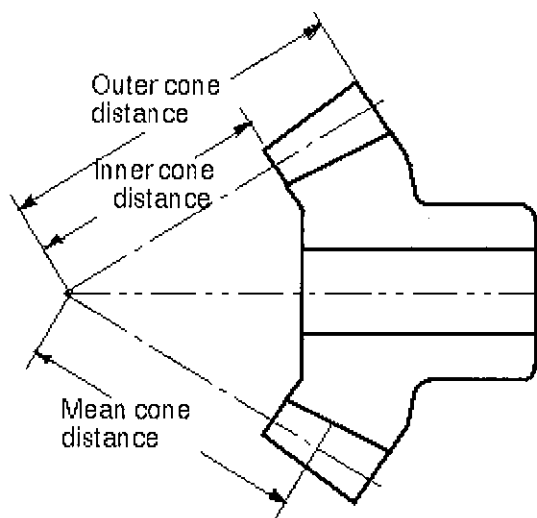
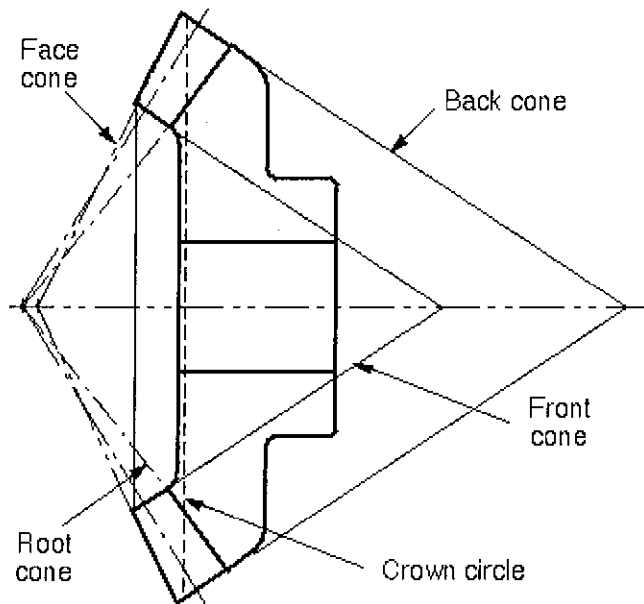
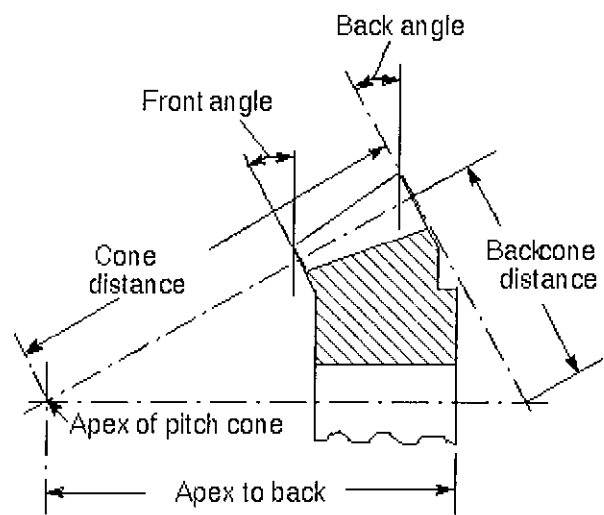
Figure 1 — Bevel gear nomenclature — Axial plane (continued)

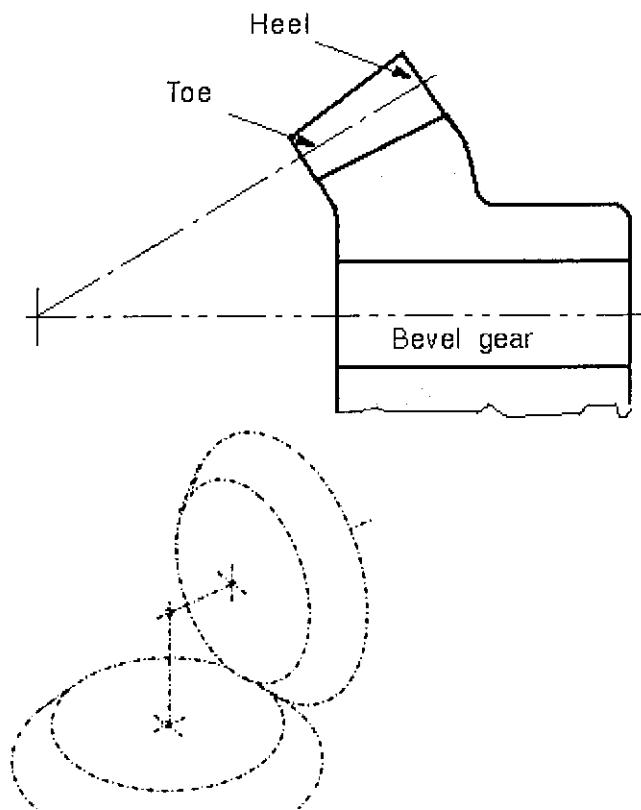
### 4.2 Conventions

Pictures taken from

[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_gear\\_nomenclature#Dedendum\\_angle](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_gear_nomenclature#Dedendum_angle)









## **KISSsoft Esercizio 5**

**Ottimizzazione della durata di una coppia  
d'ingranaggi**

**KISSsoft AG**

Rosengartenstrasse 4  
8608 Bubikon  
Switzerland

Tel: +41 55 254 20 50  
Fax: +41 55 254 20 51  
info@KISSsoft.AG  
www.KISSsoft.AG

# 1 Problema

Una coppia d'ingranaggi del 3° stadio di un riduttore di una moto sportiva giunge a rottura prima del previsto. La vita richiesta è di 200 h ma dopo solo 100 h di funzionamento, gli ingranaggi, hanno la dentatura completamente usurata e non sono più in grado di svolgere correttamente la loro funzione.

Nel file "Training\_CylGear\_Exercise2.Z12" si trovano i dati della coppia d'ingranaggi da ottimizzare.

## Domanda 1:

Quale pensi possa essere la causa della rottura (resistenza al piede, sui fianchi o grippaggio)?

## Domanda 2:

Dal calcolo della coppia d'ingranaggi si ottiene un valore della resistenza sui fianchi (pressione Hertziana) di 0.83. Considerate questo valore, sufficiente o troppo basso, per le prestazioni richieste a un riduttore di un motore sportivo?

## Esercizio:

Migliorare i dati di dentatura per ottenere, come minimo una durata doppia di quella di partenza.

Restrizioni:

- Il rapporto di trasmissione non deve subire variazioni superiori a  $\pm 2\%$ .
- Non si possono usare ingranaggi elicoidali.
- Fascia e interasse non devono essere modificati.

Altre domande correlate:

## Domanda 3:

Quale dei coefficienti di sicurezza ha maggiore rilevanza per aumentare la durata in servizio?

## Domanda 4:

Come si può valutare l'aumento della durata in servizio dovuto alle modifiche apportate?

Soluz.  
① - Problema sul fianco, coeff. sic. troppo basso  
pressione Hertziana alta  
② - per allungare la vita si deve elevare il fattore 0,83

# 1.1 Dati della dentatura originale

## CALCOLO DI UNA COPPIA DI RUOTE CILINDRICHE A DENTATURA DIRITTA

Numero disegno/articolo:

Ruota 1: 0.000.0

Ruota 2: 0.000.0

Metodo di calcolo ISO 6336:2006 Metodo B

		----- RUOTA 1 -----	RUOTA 2 --
Potenza (kW)	[P]		62.832
N. di giri (1/min)	[n]	3000.0	1687.5
Momento torcente (Nm)	[T]	200.0	355.6
Fattore d'applicazione	[KA]		1.00
Vita utile richiesta (h)	[H]		100.00
Ruota conduttrice (+) / condotta (-)		+	-
Fianco di lavoro ruota 1: Fianco destro			

### 1. GEOMETRIA DENTE E MATERIALE

(Calcolo geometrico secondo

DIN 3960:1987)

		----- RUOTA 1 -----	RUOTA 2 --
Interasse (mm)	[a]		69.000
Tolleranza interasse	ISO 286:2010 Scarto js7		
Modulo normale (mm)	[mn]		2.7500
Angolo di pressione normale (°)	[alfn]		20.0000
Angolo d'elica sul diametro primitivo (°)	[beta]		0.0000
N. di denti	[z]	18	32
Larghezza dente (mm)	[b]	15.50	15.00
Elica		Dentatura diritta	
Qualità della dentatura	[Q-ISO 1328:1995]	7	7
Diametro interno (mm)	[di]	0.00	0.00
Diametro interno della fasciatura (mm)	[dbi]	0.00	0.00

Materiale

Ruota 1: 18CrNiMo7-6, Acciaio da cementazione, cementato  
ISO 6336-5 Imagine 9/10 (MQ), Resistenza nucleo >=25HRC Jominy J=12mm<HRC28

Ruota 2: 18CrNiMo7-6, Acciaio da cementazione, cementato  
ISO 6336-5 Imagine 9/10 (MQ), Resistenza nucleo >=25HRC Jominy J=12mm<HRC28

		----- RUOTA 1 -----	RUOTA 2 --
Durezza superficie		HRC 61	HRC 61
Qualità ottima e esperienza: Fattori durata di vita ZNT e YNT >=1			
Limite di fatica piede del dente (N/mm <sup>2</sup> )	[σFlim]	430.00	430.00
Limite di fatica pressione di Hertz (N/mm <sup>2</sup> )	[σHlim]	1500.00	1500.00
Resistenza alla rottura (N/mm <sup>2</sup> )	[σB]	1200.00	1200.00
Limite di snervamento (N/mm <sup>2</sup> )	[σS]	850.00	850.00
Modulo di elasticità (N/mm <sup>2</sup> )	[E]	206000	206000
Coefficiente di Poisson	[ν]	0.300	0.300
Valore medio della rugosità Ra, fianco (μm)	[RAH]	0.60	0.60
Valore medio della rugosità Ra, piede (μm)	[RAF]	3.00	3.00
Valore massimo della rugosità Rz, fianco (μm)	[RZH]	4.80	4.80
Valore massimo della rugosità Rz, piede (μm)	[RZF]	20.00	20.00

Profilo di riferimento della ruota

1 :

Profilo di riferimento	1.25 / 0.25 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profilo C		
Fattore di dedendum	[hfP*]	1.250	
Fattore raggio piede	[rhofP*]	0.250	(rhofPmax*=0.472)
Fattore di addendum	[haP*]	1.000	
Fattore raggio testa	[rhoaP*]	0.000	
Fattore altezza protuberanza	[hprP*]	0.000	
Angolo protuberanza	[alfprP]	0.000	
Fattore addendum di forma	[hFaP*]	0.000	
Angolo di semi-topping	[alfKP]	0.000	

non topping

Profilo di riferimento della ruota

2 :

Profilo di riferimento	1.25 / 0.25 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profilo C		
Fattore di dedendum	[hfP*]	1.250	
Fattore raggio piede	[rhofP*]	0.250	(rhofPmax*=0.472)
Fattore di addendum	[haP*]	1.000	
Fattore raggio testa	[rhoaP*]	0.000	
Fattore altezza protuberanza	[hprP*]	0.000	
Angolo protuberanza	[alfprP]	0.000	
Fattore addendum di forma	[hFaP*]	0.000	
Angolo di semi-topping	[alfKP]	0.000	

non topping

Riepilogo profilo di riferimento degli ingranaggi:

Altezza piede profilo di riferimento	[hfP*]	1.250	1.250
Raggio piede profilo di riferimento	[rofpP*]	0.250	0.250
Altezza testa profilo di riferimento	[haP*]	1.000	1.000
Fattore altezza protuberanza	[hprP*]	0.000	0.000
Angolo protuberanza (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Fattore addendum di forma	[hFaP*]	0.000	0.000
Angolo di semi-topping (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Modifica del profilo:nessuno (soltanto valore rodagg

Spoglia di testa (µm)	[Ca]	2.0	2.0
-----------------------	------	-----	-----

Tipo di lubrificazione

lubrificazione a sbattimento d'olio

Tipo olio

Olio: Mobilgear 600 XP 220

Base lubrificante

Base olio minerale

Viscosità cinematica olio a 40 °C (mm <sup>2</sup> /s)	[nu40]	220.00	
Viscosità cinematica olio a 100 °C (mm <sup>2</sup> /s)	[nu100]	19.00	
Densità spec. a 15 gradi (kg/dm <sup>3</sup> )	[roOil]	0.890	
Temperatura olio (°C)	[TS]	60.000	

----- RUOTA 1 ----- RUOTA 2 --

Rapporto trasmissione totale	[itot]	-1.778	
Rapporto N. denti	[u]	1.778	
Modulo trasversale (mm)	[mt]	2.750	
Angolo di pressione sul dia. di riferimento (°)	[alf]	20.000	
Angolo di pressione di funzionamento (°)	[alfwt]	20.563	
	[alfwt.e/i]	20.596 /	20.530
Angolo di pressione normale in funzionamento (°)	[alfwn]	20.563	
Angolo d'elica del cerchio di funzionamento (°)	[betaw]	0.000	
Angolo d'elica di base (°)	[betab]	0.000	
Interasse di riferimento (mm)	[ad]	68.750	

## 1.1 Dati della dentatura originale

### CALCOLO DI UNA COPPIA DI RUOTE CILINDRICHE A DENTATURA DIRITTA

Numero disegno/articolo:

Ruota 1: 0.000.0

Ruota 2: 0.000.0

Metodo di calcolo ISO 6336:2006 Metodo B

		----- RUOTA 1 -----	RUOTA 2 --
Potenza (kW)	[P]		62.832
N. di giri (1/min)	[n]	3000.0	1687.5
Momento torcente (Nm)	[T]	200.0	355.6
Fattore d'applicazione	[KA]		1.00
Vita utile richiesta (h)	[H]		100.00
Ruota conduttrice (+) / condotta (-)		+	-
Fianco di lavoro ruota 1: Fianco destro			

#### 1. GEOMETRIA DENTE E MATERIALE

(Calcolo geometrico secondo

DIN 3960:1987)

		----- RUOTA 1 -----	RUOTA 2 --
Interasse (mm)	[a]		69.000
Tolleranza interasse	ISO 286:2010 Scarto js7		
Modulo normale (mm)	[mn]		2.7500
Angolo di pressione normale (°)	[alfn]		20.0000
Angolo d'elica sul diametro primitivo (°)	[beta]		0.0000
N. di denti	[z]	18	32
Larghezza dente (mm)	[b]	15.50	15.00
Elica			Dentatura diritta
Qualità della dentatura	[Q-ISO 1328:1995]	7	7
Diametro interno (mm)	[di]	0.00	0.00
Diametro interno della fasciatura (mm)	[dbi]	0.00	0.00

Materiale

Ruota 1: 18CrNiMo7-6, Acciaio da cementazione, cementato

ISO 6336-5 Imagine 9/10 (MQ), Resistenza nucleo >=25HRC Jominy J=12mm<HRC28

Ruota 2: 18CrNiMo7-6, Acciaio da cementazione, cementato

ISO 6336-5 Imagine 9/10 (MQ), Resistenza nucleo >=25HRC Jominy J=12mm<HRC28

		----- RUOTA 1 -----	RUOTA 2 --
Durezza superficie		HRC 61	HRC 61
Qualità ottima e esperienza: Fattori durata di vita ZNT e YNT >=1			
Limite di fatica piede del dente (N/mm <sup>2</sup> )	[σFlim]	430.00	430.00
Limite di fatica pressione di Hertz (N/mm <sup>2</sup> )	[σHlim]	1500.00	1500.00
Resistenza alla rottura (N/mm <sup>2</sup> )	[σB]	1200.00	1200.00
Limite di snervamento (N/mm <sup>2</sup> )	[σS]	850.00	850.00
Modulo di elasticità (N/mm <sup>2</sup> )	[E]	206000	206000
Coefficiente di Poisson	[ν]	0.300	0.300
Valore medio della rugosità Ra, fianco (μm)	[RAH]	0.60	0.60
Valore medio della rugosità Ra, piede (μm)	[RAF]	3.00	3.00
Valore massimo della rugosità Rz, fianco (μm)	[RZH]	4.80	4.80
Valore massimo della rugosità Rz, piede (μm)	[RZF]	20.00	20.00

Profilo di riferimento della ruota

1 :

Profilo di riferimento	1.25 / 0.25 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profilo C		
Fattore di dedendum	[hfP*]	1.250	
Fattore raggio piede	[rhofP*]	0.250	(rhofPmax*=0.472)
Fattore di addendum	[haP*]	1.000	
Fattore raggio testa	[rhoaP*]	0.000	
Fattore altezza protuberanza	[hprP*]	0.000	
Angolo protuberanza	[alfprP]	0.000	
Fattore addendum di forma	[hFaP*]	0.000	
Angolo di semi-topping	[alfKP]	0.000	

non topping

Profilo di riferimento della ruota

2 :

Profilo di riferimento	1.25 / 0.25 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profilo C		
Fattore di dedendum	[hfP*]	1.250	
Fattore raggio piede	[rhofP*]	0.250	(rhofPmax*=0.472)
Fattore di addendum	[haP*]	1.000	
Fattore raggio testa	[rhoaP*]	0.000	
Fattore altezza protuberanza	[hprP*]	0.000	
Angolo protuberanza	[alfprP]	0.000	
Fattore addendum di forma	[hFaP*]	0.000	
Angolo di semi-topping	[alfKP]	0.000	

non topping

Riepilogo profilo di riferimento degli ingranaggi:

Altezza piede profilo di riferimento	[hfP*]	1.250	1.250
Raggio piede profilo di riferimento	[rofpP*]	0.250	0.250
Altezza testa profilo di riferimento	[haP*]	1.000	1.000
Fattore altezza protuberanza	[hprP*]	0.000	0.000
Angolo protuberanza (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Fattore addendum di forma	[hFaP*]	0.000	0.000
Angolo di semi-topping (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Modifica del profilo:nessuno (soltanto valore rodagg

Spoglia di testa (µm)	[Ca]	2.0	2.0
-----------------------	------	-----	-----

Tipo di lubrificazione

lubrificazione a sbattimento d'olio

Tipo olio

Olio: Mobilgear 600 XP 220

Base lubrificante

Base olio minerale

Viscosità cinematica olio a 40 °C (mm <sup>2</sup> /s)	[nu40]	220.00	
Viscosità cinematica olio a 100 °C (mm <sup>2</sup> /s)	[nu100]	19.00	
Densità spec. a 15 gradi (kg/dm <sup>3</sup> )	[roOil]	0.890	
Temperatura olio (°C)	[TS]	60.000	

----- RUOTA 1 ----- RUOTA 2 --

Rapporto trasmissione totale	[itot]	-1.778	
Rapporto N. denti	[u]	1.778	
Modulo trasversale (mm)	[mt]	2.750	
Angolo di pressione sul dia. di riferimento (°)	[alf]	20.000	
Angolo di pressione di funzionamento (°)	[alfwt]	20.563	
	[alfwt.e/i]	20.596 /	20.530
Angolo di pressione normale in funzionamento (°)	[alfwn]	20.563	
Angolo d'elica del cerchio di funzionamento (°)	[betaw]	0.000	
Angolo d'elica di base (°)	[betab]	0.000	
Interasse di riferimento (mm)	[ad]	68.750	

Somma dei coefficienti di spostamento del profilo	[Summexi]	0.0921	
Fattore di spostamento del profilo	[x]	0.2650	-0.1729
Spessore dente (arco) (per modulo) (per modulo)	[sn*]	1.7637	1.4450
Modifica addendum (mm)	[k*mn]	-0.003	-0.003
Diametro primitivo (mm)	[d]	49.500	88.000
Diametro di base (mm)	[db]	46.515	82.693
Diametro cerchio di testa (mm)	[da]	56.451	92.543
(mm)	[da.e/i]	56.451 / 56.441	92.543 / 92.533
Scarti cerchio di testa (mm)	[Ada.e/i]	0.000 / -0.010	0.000 / -0.010
Diametro forma di testa (mm)	[dFa]	56.451	92.543
(mm)	[dFa.e/i]	56.451 / 56.441	92.543 / 92.533
Diametro di testa attivo (mm)	[dNa]	56.451	92.543
Diametro di testa attivo (mm)	[dNa.e/i]	56.451 / 56.441	92.543 / 92.533
Diametro primitivo di funzionamento (mm)	[dw]	49.680	88.320
(mm)	[dw.e/i]	49.691 / 49.669	88.339 / 88.301
Diametro cerchio di fondo (mm)	[df]	44.082	80.174
Coefficienti di spostamento del profilo	[xE.e/i]	0.2331/ 0.2118	-0.2047/ -0.2260
Cerchio di piede generato con xE (mm)	[df.e/i]	43.907 / 43.790	79.999 / 79.882
Gioco di testa teorico (mm)	[c]	0.687	0.687
Gioco di testa effettivo (mm)	[c.e/i]	0.853 / 0.760	0.853 / 0.760
Diametro di piede attivo (mm)	[dNf]	47.027	84.320
(mm)	[dNf.e/i]	47.043 / 47.015	84.340 / 84.303
Diametro cerchio di forma piede (mm)	[dFf]	46.665	83.279
(mm)	[dFf.e/i]	46.626 / 46.604	83.220 / 83.182
Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)	[cF.e/i]	0.220 / 0.194	0.579 / 0.542
Addendum (mm)	[ha=mn*(haP*+x+k)]	3.476	2.272
(mm)	[ha.e/i]	3.476 / 3.471	2.272 / 2.267
Dedendum (mm)	[hf=mn*(hfP*-x)]	2.709	3.913
(mm)	[hf.e/i]	2.796 / 2.855	4.001 / 4.059
Angolo di rotolamento a dFa (°)	[xsi_dFa.e/i]	39.400 / 39.379	28.787 / 28.771
Angolo di rotolamento a dNa (°)	[xsi_dNa.e/i]	39.400 / 39.379	28.787 / 28.771
Angolo di rotolamento a dNf (°)	[xsi_dNf.e/i]	8.661 / 8.423	11.492 / 11.362
Angolo di rotolamento a dFf (°)	[xsi_dFf.e/i]	3.970 / 3.549	6.478 / 6.241
Altezza dente (mm)	[h]	6.184	6.184
No. denti di sostituzione	[zn]	18.000	32.000
Spessore dente normale sul cerchio di testa (mm)	[san]	1.559	2.149
(mm)	[san.e/i]	1.493 / 1.438	2.087 / 2.037
Spessore dente normale sul cerchio forma di testa (mm)	[sFan]	1.559	2.149
(mm)	[sFan.e/i]	1.493 / 1.438	2.087 / 2.037
Vano normale sul cerchio del piede (mm)	[efn]	0.000	0.000
(mm)	[efn.e/i]	0.000 / 0.000	0.000 / 0.000
Velocità di striscamento massima sulla testa (m/s)	[vga]	3.568	2.583
Striscamento specifico alla testa	[zetaa]	0.710	0.704
Striscamento specifico al piede	[zetaf]	-2.375	-2.450
Scorrimento specifico medio	[zetam]	0.707	
Coef. di scivolamento a la testa	[Kga]	0.457	0.331
Coef. di scivolamento al piede	[Kgf]	-0.331	-0.457
Passo (mm)	[pt]	8.639	
Passo base trasv. (mm)	[pbt]	8.118	
Passo base trasv. (mm)	[pet]	8.118	
Lunghezza di condotta (mm)	[ga, e/i]	12.532 ( 12.574 / 12.469)	
Lunghezza T1-A, T2-A (mm)	[T1A, T2A]	3.462( 3.419/ 3.516)	20.773( 20.773/ 20.762)
Lunghezza T1-B (mm)	[T1B, T2B]	7.875( 7.875/ 7.866)	16.360( 16.317/ 16.412)
Lunghezza T1-C (mm)	[T1C, T2C]	8.725( 8.709/ 8.740)	15.510( 15.483/ 15.538)

Lunghezza T1-D (mm)	[T1D, T2D]	11.580(	11.537/	11.634)	12.655(	12.655/	12.644)
Lunghezza T1-E (mm)	[T1E, T2E]	15.993(	15.993/	15.985)	8.242(	8.199/	8.293)
Lunghezza T1-T2 (mm)	[T1T2]	24.235 (		24.192 /	24.278)		
Diametro punto di contatto singolo B (mm)	[d-B]	49.109(	49.109/	49.103)	88.931(	88.900/	88.969)
Diametro punto di contatto singolo D (mm)	[d-D]	51.962(	51.924/	52.010)	86.480(	86.480/	86.473)
Ricoprimento testa	[eps]	0.895(	0.897/	0.892)	0.648(	0.652/	0.644)
Lunghezza minima della linea di contatto (mm)	[Lmin]	15.000					
Rapporto d'azione	[eps_a]	1.544					
Ricoprimento di profilo con scarti	[eps_a.e/m/i]	1.549 / 1.542 / 1.536					
Rapporto di ricoprimento	[eps_b]	0.000					
Ricoprimento totale	[eps_g]	1.544					
Ricoprimento totale con scarti	[eps_g.e/m/i]	1.549 / 1.542 / 1.536					

## 2. FATTORI D'INFLUSSO GENERALI

		----- RUOTA 1 -----	RUOTA 2 --
Forza periferica nel dia. di rif. (N)	[Ft]	8080.8	
Forza assiale (N)	[Fa]	0.0	
Forza radiale (N)	[Fr]	2941.2	
Forza normale (N)	[Fnorm]	8599.4	
Forza periferica nominale per mm (N/mm)	[w]	538.72	
Per informazione: Forze nel cerchio di funzionamento:			
Forza tangenziale nominale (N)	[Ftw]	8051.5	
Forza assiale (N)	[Faw]	0.0	
Forza radiale (N)	[Frw]	3020.4	
Velocità periferica cerchio primitivo (m/s)	[v]	7.78	
Velocità periferica cerchio primitivo di funzionamento (m/s)	[v(dw)]	7.80	
Valore rodaggio ( $\mu\text{m}$ )	[yp]	0.8	
Valore rodaggio ( $\mu\text{m}$ )	[yf]	0.9	
Fattore correzione	[CM]	0.800	
Fattore corpo ruota	[CR]	1.000	
Fattore profilo riferimento	[CBS]	0.975	
Coefficiente materiale	[E/Est]	1.000	
Rigidezza dente singola (N/mm/ $\mu\text{m}$ )	[c]	12.461	
Rigidezza d'ingranamento (N/mm/ $\mu\text{m}$ )	[cgalf]	17.541	
Rigidezza d'ingranamento (N/mm/ $\mu\text{m}$ )	[cgbet]	14.910	
Massa ridotta (kg/mm)	[mRed]	0.00666	
No. giri di risonanza (min-1)	[nE1]	27231	
No. giri riferimento (-)	[N]	0.110	
Zona acritica			
Valore rodaggio ( $\mu\text{m}$ )	[ya]	0.8	
Distanza supporto I	dell'albero del pignone (mm)	[I]	31.000
Distanza s	dell'albero del pignone (mm)	[s]	3.100
Diametro esterno albero del pignone (mm)	[dsh]	15.500	
Carico secondo figura 13,	ISO 6336-1:2006 [-]	4	
0:a), 1:b), 2:c), 3:d), 4:e)			
Fattore K' secondo figura 13,	ISO 6336-1:2006 [K']	-1.00	
Senza effetto supporto			
Scostamento effettivo della linea fianco ( $\mu\text{m}$ )	[Fby]	4.67	
da deformazione dell'albero ( $\mu\text{m}$ )	[fsh*B1]	4.37	
(fsh ( $\mu\text{m}$ ) = 4.37, B1= 1.00, fHb5 ( $\mu\text{m}$ ) = 5.50)			
Dente senza correzione dell'elica			
Posizione impronta di contatto: favorevole			

da tolleranze di produzione ( $\mu\text{m}$ )	[fma*B2]	14.87	
(B2= 1.00)			
Scostamento linea del fianco, teorico ( $\mu\text{m}$ )	[Fbx]	5.50	
Valore rodaggio ( $\mu\text{m}$ )	[yb]	0.82	
Fattore dinamico	[KV]	1.043	
Fattori larghezza - Fianco	[KHb]	1.062	
- Piede dente	[KFb]	1.043	
- Grippaggio	[KBb]	1.062	
Fattore trasv. - Fianco	[KH <sub>a</sub> ]	1.000	
- Piede dente	[KF <sub>a</sub> ]	1.000	
- Grippaggio	[KB <sub>a</sub> ]	1.000	
Fattore d'elica Grippaggio	[Kbg]	1.000	
N. cicli di carico (in mio.)	[NL]	18.000	10.125

### 3. PORTATA PIEDE

Calcolo dei fattori forma dente secondo metodo: B

		----- RUOTA 1 -----	RUOTA 2 --
Calcolata con lo spostamento del profilo	[x]	0.2650	-0.1729
Fattore profilo dente	[YF]	1.47	1.81
Fattore correzione tensione	[YS]	2.15	1.82
Angolo di lavoro (°)	[alfFen]	22.06	19.23
Braccio leva flessione (mm)	[hF]	2.87	3.32
Spessore piede dente (mm)	[sFn]	5.63	5.51
Raggio piede dente (mm)	[roF]	1.11	1.44
(hF* = 1.043/ 1.206 sFn* = 2.047/ 2.002 roF* = 0.404/ 0.524)			
(dsFn (mm) = 44.807/ 81.135 alfsFn(°) = 30.00/ 30.00 qs =		2.533/	1.910)
Fattore inclinazione	[Ybet]		1.000
Fattore dentatura alta	[YDT]		1.000
Fattore di corona dentata	[YB]	1.00	1.00
Larghezza dente determinante (mm)	[beff]	15.50	15.00
Tensione nominale piede del dente (N/mm <sup>2</sup> )	[sigF0]	600.21	645.59
Tensione piede del dente (N/mm <sup>2</sup> )	[sigF]	652.94	702.30
Tensione piede dente consentita dalla ruota dentata di prova			
Fattore sensibilita d'intaglio	[YdrelT]	1.000	0.994
Fattore superficie	[YRrelT]	0.957	0.957
Fattore grandezza (piede dente)	[YX]	1.000	1.000
Fattore resistenza alla fatica limitata	[YNT]	1.000	1.000
[YdrelT*YRrelT*YX*YNT]		0.957	0.951
Fattore flessione alternata (coefficiente d'influsso tensione media)	[YM]	1.000	1.000
Fattore correzione tensione	[Yst]		2.00
Yst*sigFlim (N/mm <sup>2</sup> )	[sigFE]	860.00	860.00
Tensione ammessa del piede del dente (N/mm <sup>2</sup> )	[sigFP=sigFG/SFmin]	587.90	584.26
Resistenza limite del piede del dente (N/mm <sup>2</sup> )	[sigFG]	823.05	817.97
Sicurezza nominale	[SFmin]	1.40	1.40
Fattore di sicurezza per tensione di fondo dente	[SF=sigFG/sigF]	1.26	1.16
Potenza trasmissibile (kW)	[kWRating]	56.57	52.27

#### 4. SICUREZZA FIANCO

		----- RUOTA 1 -----	RUOTA 2 --
Fattore zona	[ZH]		2.457
Fattore di elasticità ( $\sqrt{N/mm}$ )	[ZE]		189.812
Fattore rapporto condotta	[Zeps]		0.905
Fattore inclinazione	[Zbet]		1.000
Larghezza dente determinante (mm)	[beff]		15.00
Pressione di contatto nominale ( $N/mm^2$ )	[sigH0]		1740.35
Pressione di contatto sul dia. primitivo di funz. ( $N/mm^2$ )	[sigHw]		1832.06
Fattore ingranamento singolo	[ZB,ZD]	1.02	1.00
Pressione di contatto ( $N/mm^2$ )	[sigHB, sigHD]	1877.62	1832.06
Coeff. lubrificante (con NL)	[ZL]	1.017	1.015
Coeff. velocità (con NL)	[ZV]	0.994	0.995
Coeff. rugosità (con NL)	[ZR]	0.957	0.961
Coeff. accoppiamento materiale (con NL)	[ZW]	1.000	1.000
Fattore resistenza alla fatica limitata	[ZNT]	1.080	1.128
	[ZL*ZV*ZR*ZNT]	1.045	1.095
Piccolo No. di alveoli consentito:	no		
Coeff. di grandezza (fianco)	[ZX]	1.000	1.000
Pressione di contatto consentita ( $N/mm^2$ )	[sigHP=sigHG/SHmin]	1566.95	1642.74
Resistenza limite al pitting ( $N/mm^2$ )	[sigHG]	1566.95	1642.74
Sicurezza nominale	[SHmin]	1.00	1.00
Sicurezza per pressione sul cerchio primitivo di funzionamento	[SHw]	0.86	0.90
Sicurezza per pressione ingranamento singolo	[SHBD=sigHG/sigHBD]	0.83	0.90
(Sicurezza relativa al momento torcente trasmissibile)	[(SHBD)^2]	0.70	0.80
Potenza trasmissibile (kW)	[kWRating]	43.76	50.52

#### 5. RESISTENZA AL GRIPPAGGIO

Metodo di calcolo secondo ISO TR 13989:2000

Fattore del lubrificante (per il tipo di lubrificazione)

	[XS]		1.000
Test di grippaggio e stadio di carico	[FZGtest]	FZG - Test A / 8.3 / 90 (ISO 14635 - 1)	12
Fattore di ingranamento multiplo	[Xmp]		1.000
Fattore struttura relativo (Grippaggio)	[XWrelT]		1.000
Coefficiente di contatto termico ( $N/mm/s^{\wedge}.5/K$ )	[BM]	13.780	13.780
Spoglia di testa determinante ( $\mu m$ )	[Ca]	2.00	2.00
Spoglia di testa ottimale ( $\mu m$ )	[Ceff]		43.23
Ca come assunto in modo ottimale nel calcolo (0=no, 1=si)		0	0
Larghezza dente determinante (mm)	[beff]		15.000
Forza tangenziale/larghezza dente determinante ( $N/mm$ )	[wBt]		596.996
Kbg =		1.000, wBt*Kbg =	596.996
Fattore angolo	[Xalfbet]		0.986
( $\epsilon 1:0.895$ , $\epsilon 2:0.648$ )			
Criterio temperatura lampo			
Fattore del lubrificante	[XL]		0.810
Temperatura massa ( $^{\circ}C$ )	[theMi]		83.71

$theMi = theoil + XS*0.47*Xmp*theflm$	[theflm]	50.45
Temperatura di grippaggio (°C)	[theS]	342.43
Coordinata Gamma (luogo temperatura più alta) [Gamma.A]=-0.603 [Gamma.E]=0.833	[Gamma]	0.761
Temperatura di contatto più alta. (°C)	[theB]	161.88
Fattore temp. istantanea ( $^{\circ}K*N^{.75}s^{.5}m^{.5}mm$ )	[XM]	50.058
Fattore di accesso	[XJ]	1.000
Fattore di distribuzione del carico	[XGam]	0.381
Viscosità dinamica (mPa*s)	[etaM]	67.72 ( 60.0 °C)
Coefficiente attrito	[mym]	0.068
Sicurezza nominale	[SBmin]	2.000
Fattore di sicurezza per grippaggio (temperatura di lampo)	[SB]	2.772
Criterio temperatura integrale		
Fattore del lubrificante	[XL]	1.000
Temperatura massa (°C)	[theMC ]	95.06
$theMC = theoil + XS*0.70*theflaint$	[theflaint]	50.08
Temp. integrale di grippaggio (°C)	[theSint]	360.78
Fattore temp. istantanea ( $^{\circ}K*N^{.75}s^{.5}m^{.5}mm$ )	[XM]	50.058
Fattore di rodaggio (rodaggio completato)	[XE]	1.000
Fattore rapporto condotta	[Xeps]	0.249
Viscosità dinamica (mPa*s)	[etaOil]	67.72 ( 60.0 °C)
Coefficiente attrito medio	[mym]	0.083
Fattore geometria	[XBE]	0.463
Fattore ingranamento	[XQ]	1.000
Fattore spoglia testa	[XCa]	1.103
Temperatura fianco integrale (°C)	[theint]	170.19
Sicurezza nominale	[SSmin]	1.800
Fattore di sicurezza per grippaggio (Int.-T.)	[SSint]	2.120
Sicurezza per momento da trasferire (Int.-T.)	[SSL]	2.730

## 2 Soluzione

### Risposta alla domanda 1:

Il valore di sicurezza sui fianchi  $SH=0.83$  è molto minore di quello al piede e al grippaggio, quindi si può presumere che la causa della rottura sia la resistenza sui fianchi.

### Risposta alla domanda 2:

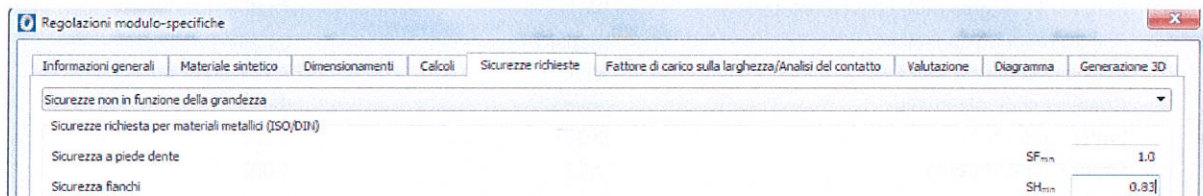
Non si può rispondere a questa domanda con un semplice "sì" o "no", le sollecitazioni possono variare su vasta scala. Per dare una risposta sensata non è sufficiente sapere che si tratta di una moto sportiva.

### Risposta alla domanda 3:

Nel caso in questione la sicurezza sui fianchi (SH) è considerata la causa della rottura precoce, quindi si dovrebbe cercare di aumentarla senza ridurre la sicurezza al piede. Questo si può ottenere aumentando l'angolo di pressione ( $\alpha_n$ ). A un aumento di ( $\alpha_n$ ) corrisponde in generale un aumento di SH.

### Risposta alla domanda 4: una soluzione possibile è descritta di seguito:

- Impostare "sicurezza fianchi" = 0.83  
(valore ottenuto nell'esercizio "Training\_CylGear\_Exercise2.Z12" con  $H=100h$ ).
- Impostare "sicurezza piede del dente" = 1.0 (non rilevante, la sicurezza fianco è critica).



### Note:

Dal menu a tendina selezionare "Sicurezze non in funzione della grandezza" e imputare i valori richiesti nel gruppo "Sicurezze richieste per materiali metallici (ISO/DIN)".

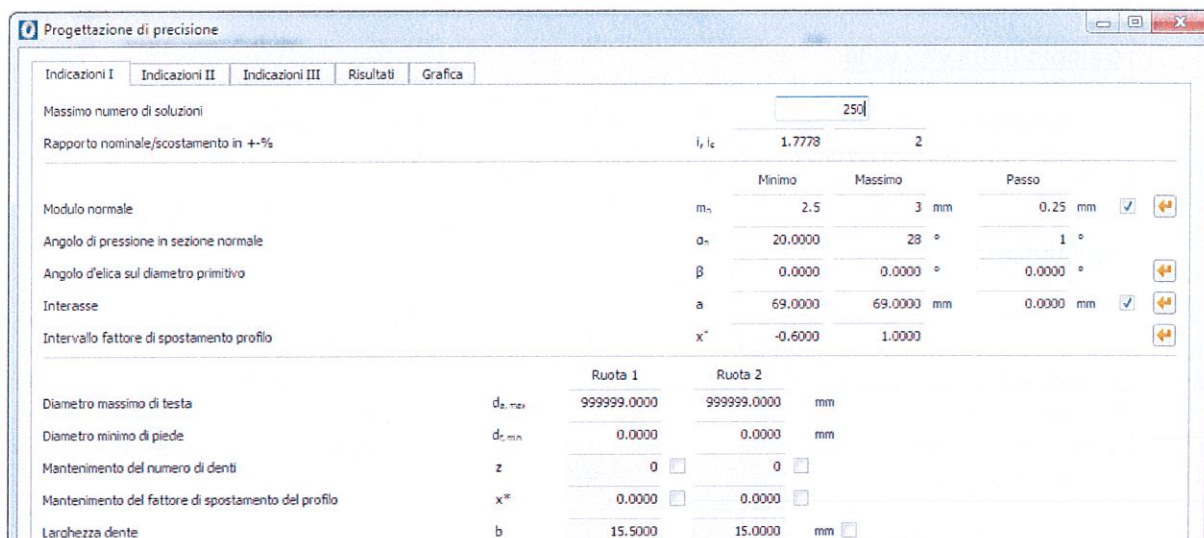
Dal tab "Carico" calcolare la durata cliccando "crea" evidenziato in arancione nella figura seguente.



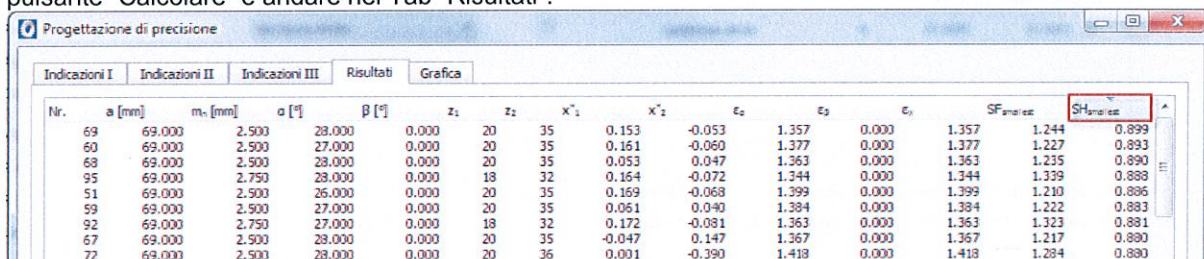
Il risultato è  $H=106.9$  h (non esattamente 100 h perché  $SH=0.83$  è arrotondato).

Adesso si possono apportare delle modifiche ai dati di dentatura alla ricerca di sicurezze al fianco maggiori. Una via può essere per esempio quella di usare la progettazione di precisione.

Esempio sull'uso della "progettazione di precisione":



Cercare di duplicare la finestra "progettazione di precisione" (si puo notare che si va alla ricerca di soluzioni con un angolo di pressione maggiore, variandolo di un grado alla volta). Una volta imputati i dati, cliccare il pulsante "Calcolare" e andare nel Tab "Risultati".



Nota:

Cliccando la colonna "SHsmallest" (Sicurezza al fianco) si possono ordinare le soluzioni in funzione di SH. La migliore soluzione qui è la N°69 con modulo 2.5 e angolo di pressione nel primitivo 28°.

Con doppio click sulla soluzione N°69 i dati sono importati nella schermata principale. Ricalcolando la "Vita utile richiesta" tenendo invariato SH=0.83 si ottiene:

Vita utile richiesta H 270.5388 h

H= 270,5 h. La vita utile è stata aumentata da H=106.9 h a H= 270,5. **Questo corrisponde a un miglioramento della vita utile di circa 2,53 volte!**

Nota:

Se si ottiene una vita utile molto bassa, verificare di aver imputato correttamente i coefficienti di sicurezza richiesta nelle "regolazioni modulo-specifiche". Se è stata usata la funzione "progettazione di precisione" prima di aver ridotto la sicurezza a SH=0.83 la vita è molto breve.

Maggiori informazioni sulla vita utile si possono ottenere andando sul menu a tendina "Report" e selezionando "Vita utile":

### Calcolo della vita utile

Sicurezza richiesta piede del dente	[SFmin]	1.00
Sicurezza richiesta fianco del dente	[SHmin]	0.83

### Dati di carico

----- RUOTA 1 ----- RUOTA 2 --

Potenza (kW)	[P]	62.832
N. di giri (1/min)	[n]	3000.0
Momento torcente (Nm)	[T]	200.0
Fattore d'applicazione	[KA]	1.00

Linea-Woehler nel settore limite di fatica secondo:                      secondo la norma

Indicazione:

Metodo di calcolo in base a:

- ISO 6336, parte 6

### Risultati

Sicurezza richiesta piede del dente	[SFmin]	1.00
Sicurezza richiesta fianco del dente	[SHmin]	0.83

Vita utile (calcolo con sicurezze richieste):

Durata sistema (h)	[Hatt]	271
--------------------	--------	-----

Durata piede dente (h)	[HFatt]	1e+006	1e+006
------------------------	---------	--------	--------

Durata fianco dente (h)	[HHatt]	270.5	1e+006
-------------------------	---------	-------	--------

Nota: L'indicazione 1e+006 h significa che la durata di servizio (di vita) è > 1.000.000 h.

Danneggiamento, calcolato sulla base della durata di servizio di sistema

[Hatt] ( 270.5 h)

F1%	F2%	H1%	H2%
0.00	0.00	100.00	0.00

## Possibile soluzione

KISSsoft Release 03/2016  $\beta$

KISSsoft-Entwicklungs-Version

KISSsoft AG

CH-8608 BUBIKON

File

Nome : Training\_CylGear\_Exercise2

Descrizione: KISSsoft example

Modificato da: vschirru

il: 09.02.2016

alle: 08:51:29

## CALCOLO DI UNA COPPIA DI RUOTE CILINDRICHE A DENTATURA DIRITTA

Numero disegno/articolo:

Ruota 1: 0.000.0

Ruota 2: 0.000.0

Metodo di calcolo

ISO 6336:2006 Metodo B

		----- RUOTA 1 -----	RUOTA 2 --
Potenza (kW)	[P]		62.832
N. di giri (1/min)	[n]	3000.0	1714.3
Momento torcente (Nm)	[T]	200.0	350.0
Fattore d'applicazione	[KA]		1.00
Vita utile richiesta (h)	[H]		270.54
Ruota conduttrice (+) / condotta (-)		+	-
Fianco di lavoro ruota 1: Fianco destro			

### 1. GEOMETRIA DENTE E MATERIALE

(Calcolo geometrico secondo

DIN 3960:1987)

		----- RUOTA 1 -----	RUOTA 2 --
Interasse (mm)	[a]		69.000
Tolleranza interasse	ISO 286:2010 Scarto js7		
Modulo normale (mm)	[mn]		2.5000
Angolo di pressione normale (°)	[alfn]		28.0000
Angolo d'elica sul diametro primitivo (°)	[beta]		0.0000
N. di denti	[z]	20	35
Larghezza dente (mm)	[b]	15.50	15.00
Elica			Dentatura diritta
Qualità della dentatura	[Q-ISO 1328:1995]	7	7
Diametro interno (mm)	[di]	0.00	0.00
Diametro interno della fasciatura (mm)	[dbi]	0.00	0.00

Materiale

Ruota 1:

18CrNiMo7-6, Acciaio da cementazione, cementato  
ISO 6336-5 Imagine 9/10 (MQ), Resistenza nucleo  $\geq 25\text{HRC}$  Jominy J=12mm<HRC28

Ruota 2:

18CrNiMo7-6, Acciaio da cementazione, cementato  
ISO 6336-5 Imagine 9/10 (MQ), Resistenza nucleo  $\geq 25\text{HRC}$  Jominy J=12mm<HRC28

		----- RUOTA 1 -----	RUOTA 2 --
Durezza superficie		HRC 61	HRC 61
Qualità ottima e esperienza: Fattori durata di vita ZNT e YNT $\geq 1$			
Limite di fatica piede del dente (N/mm <sup>2</sup> )	[ $\sigma_{Flim}$ ]	430.00	430.00
Limite di fatica pressione di Hertz (N/mm <sup>2</sup> )	[ $\sigma_{Hlim}$ ]	1500.00	1500.00
Resistenza alla rottura (N/mm <sup>2</sup> )	[ $\sigma_B$ ]	1200.00	1200.00

Limite di snervamento (N/mm <sup>2</sup> )	[σS]	850.00	850.00
Modulo di elasticità (N/mm <sup>2</sup> )	[E]	206000	206000
Coefficiente di Poisson	[ν]	0.300	0.300
Valore medio della rugosità Ra, fianco (μm)	[RAH]	0.60	0.60
Valore medio della rugosità Ra, piede (μm)	[RAF]	3.00	3.00
Valore massimo della rugosità Rz, fianco (μm)	[RZH]	4.80	4.80
Valore massimo della rugosità Rz, piede (μm)	[RZF]	20.00	20.00

Profilo di riferimento della ruota

	1 :		
Profilo di riferimento	1.25 / 0.25 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profilo C		
Fattore di dedendum	[hfP*]	1.250	
Fattore raggio piede	[rhofP*]	0.250 (rhofPmax*=0.201)	
Fattore di addendum	[haP*]	1.000	
Fattore raggio testa	[rhoaP*]	0.000	
Fattore altezza protuberanza	[hprP*]	0.000	
Angolo protuberanza	[alfprP]	0.000	
Fattore addendum di forma	[hFaP*]	0.000	
Angolo di semi-topping	[alfKP]	0.000	
		non topping	

Profilo di riferimento della ruota

	2 :		
Profilo di riferimento	1.25 / 0.25 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profilo C		
Fattore di dedendum	[hfP*]	1.250	
Fattore raggio piede	[rhofP*]	0.250 (rhofPmax*=0.201)	
Fattore di addendum	[haP*]	1.000	
Fattore raggio testa	[rhoaP*]	0.000	
Fattore altezza protuberanza	[hprP*]	0.000	
Angolo protuberanza	[alfprP]	0.000	
Fattore addendum di forma	[hFaP*]	0.000	
Angolo di semi-topping	[alfKP]	0.000	
		non topping	

Riepilogo profilo di riferimento degli ingranaggi:

Altezza piede profilo di riferimento	[hfP*]	1.250	1.250
Raggio piede profilo di riferimento	[rofpP*]	0.250	0.250
Altezza testa profilo di riferimento	[haP*]	1.000	1.000
Fattore altezza protuberanza	[hprP*]	0.000	0.000
Angolo protuberanza (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Fattore addendum di forma	[hFaP*]	0.000	0.000
Angolo di semi-topping (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Modifica del profilo:nessuno (soltanto valore rodagg

Spoglia di testa (μm)	[Ca]	2.0	2.0
-----------------------	------	-----	-----

Tipo di lubrificazione

lubrificazione a sbattimento d'olio

Tipo olio

Olio: Mobilgear 600 XP 220

Base lubrificante

Base olio minerale

Viscosità cinematica olio a 40 °C (mm <sup>2</sup> /s)	[nu40]	220.00	
Viscosità cinematica olio a 100 °C (mm <sup>2</sup> /s)	[nu100]	19.00	
Densità spec. a 15 gradi (kg/dm <sup>3</sup> )	[roOil]	0.890	
Temperatura olio (°C)	[TS]	60.000	

----- RUOTA 1 ----- RUOTA 2 --

Rapporto trasmissione totale	[itot]	-1.750	
Rapporto N. denti	[u]	1.750	

Modulo trasversale (mm)	[mt]	2.500		
Angolo di pressione sul dia. di riferimento (°)	[alfi]	28.000		
Angolo di pressione di funzionamento (°)	[alfwt]	28.388		
	[alfwt.e/i]	28.411 /	28.365	
Angolo di pressione normale in funzionamento (°)	[alfwn]	28.388		
Angolo d'elica del cerchio di funzionamento (°)	[betaw]	0.000		
Angolo d'elica di base (°)	[betab]	0.000		
Interasse di riferimento (mm)	[ad]	68.750		
Somma dei coefficienti di spostamento del profilo	[Summexi]	0.1006		
Fattore di spostamento del profilo	[x]	0.1534		-0.0528
Spessore dente (arco) (per modulo) (per modulo)	[sn*]	1.7340		1.5147
Modifica addendum (mm)	[k*mn]	-0.002		-0.002
Diametro primitivo (mm)	[d]	50.000		87.500
Diametro di base (mm)	[db]	44.147		77.258
Diametro cerchio di testa (mm)	[da]	55.763		92.232
(mm)	[da.e/i]	55.763 /	55.753	92.232 / 92.222
Scarti cerchio di testa (mm)	[Ada.e/i]	0.000 /	-0.010	0.000 / -0.010
Diametro forma di testa (mm)	[dFa]	55.763		92.232
(mm)	[dFa.e/i]	55.763 /	55.753	92.232 / 92.222
Diametro di testa attivo (mm)	[dNa]	55.763		92.232
Diametro di testa attivo (mm)	[dNa.e/i]	55.763 /	55.753	92.232 / 92.222
Diametro primitivo di funzionamento (mm)	[dw]	50.182		87.818
(mm)	[dw.e/i]	50.193 /	50.171	87.837 / 87.799
Diametro cerchio di fondo (mm)	[df]	44.517		80.986
Coefficienti di spostamento del profilo	[xE.e/i]	0.1294/	0.1134	-0.0768/ -0.0928
Cerchio di piede generato con xE (mm)	[df.e/i]	44.397 /	44.317	80.866 / 80.786
Gioco di testa teorico (mm)	[c]	0.625		0.625
Gioco di testa effettivo (mm)	[c.e/i]	0.745 /	0.670	0.745 / 0.670
Diametro di piede attivo (mm)	[dNf]	46.701		83.449
(mm)	[dNf.e/i]	46.728 /	46.681	83.479 / 83.426
Diametro cerchio di forma piede (mm)	[dFf]	46.081		82.387
(mm)	[dFf.e/i]	46.008 /	45.960	82.299 / 82.240
Reserve (dNf-dFf)/2 (mm)	[cF.e/i]	0.384 /	0.336	0.620 / 0.563
Addendum (mm)	[ha=mn*(haP*+x+k)]	2.882		2.366
(mm)	[ha.e/i]	2.882 /	2.877	2.366 / 2.361
Dedendum (mm)	[hf=mn*(hfP*-x)]	2.741		3.257
(mm)	[hf.e/i]	2.801 /	2.841	3.317 / 3.357
Angolo di rotolamento a dFa (°)	[xsi_dFa.e/i]	44.213 /	44.192	37.361 / 37.348
Angolo di rotolamento a dNa (°)	[xsi_dNa.e/i]	44.213 /	44.192	37.361 / 37.348
Angolo di rotolamento a dNf (°)	[xsi_dNf.e/i]	19.875 /	19.687	23.452 / 23.347
Angolo di rotolamento a dFf (°)	[xsi_dFf.e/i]	16.809 /	16.588	21.033 / 20.906
Altezza dente (mm)	[h]	5.623		5.623
No. denti di sostituzione	[zn]	20.000		35.000
Spessore dente normale sul cerchio di testa (mm)	[san]	0.852		1.111
(mm)	[san.e/i]	0.788 /	0.733	1.051 / 0.999
Spessore dente normale sul cerchio forma di testa (mm)	[sFan]	0.852		1.111
(mm)	[sFan.e/i]	0.788 /	0.733	1.051 / 0.999
Vano normale sul cerchio del piede (mm)	[efn]	1.250		1.073
(mm)	[efn.e/i]	1.289 /	1.317	1.093 / 1.107
Velocità di striscamento massima sulla testa (m/s)	[vga]	2.520		2.129
Striscamento specifico alla testa	[zetaa]	0.471		0.471
Striscamento specifico al piede	[zetaf]	-0.890		-0.890
Scorrimento specifico medio	[zetam]		0.471	
Coef. di scivolamento a la testa	[Kga]	0.320		0.270

Coef. di scivolamento al piede	[Kgf]	-0.270	-0.320
Passo (mm)	[pt]	7.854	
Passo base trasv. (mm)	[pbt]	6.935	
Passo base trasv. (mm)	[pet]	6.935	
Lunghezza di condotta (mm)	[ga, e/i]	9.417 ( 9.449 / 9.368)	
Lunghezza T1-A, T2-A (mm)	[T1A, T2A]	7.616( 7.585/ 7.657)	25.189( 25.189/ 25.180)
Lunghezza T1-B (mm)	[T1B, T2B]	10.099( 10.099/ 10.090)	22.707( 22.675/ 22.746)
Lunghezza T1-C (mm)	[T1C, T2C]	11.929( 11.918/ 11.941)	20.876( 20.856/ 20.896)
Lunghezza T1-D (mm)	[T1D, T2D]	14.551( 14.519/ 14.592)	18.254( 18.254/ 18.245)
Lunghezza T1-E (mm)	[T1E, T2E]	17.033( 17.033/ 17.025)	15.772( 15.740/ 15.812)
Lunghezza T1-T2 (mm)	[T1T2]	32.805 ( 32.774 / 32.837)	
Diametro punto di contatto singolo B (mm)	[d-B]	48.548( 48.548/ 48.541)	89.617( 89.585/ 89.657)
Diametro punto di contatto singolo D (mm)	[d-D]	52.876( 52.842/ 52.921)	85.450( 85.450/ 85.442)
Ricoprimento testa	[eps]	0.736( 0.738/ 0.733)	0.622( 0.625/ 0.618)
Lunghezza minima della linea di contatto (mm)	[Lmin]	15.000	
Rapporto d'azione	[eps_a]	1.358	
Ricoprimento di profilo con scarti	[eps_a.e/m/i]	1.363 / 1.357 / 1.351	
Rapporto di ricoprimento	[eps_b]	0.000	
Ricoprimento totale	[eps_g]	1.358	
Ricoprimento totale con scarti	[eps_g.e/m/i]	1.363 / 1.357 / 1.351	

## 2. FATTORI D'INFLUSSO GENERALI

		----- RUOTA 1 -----	RUOTA 2 --
Forza periferica nel dia. di rif. (N)	[Ft]	8000.0	
Forza assiale (N)	[Fa]	0.0	
Forza radiale (N)	[Fr]	4253.7	
Forza normale (N)	[Fnorm]	9060.6	
Forza periferica nominale per mm (N/mm)	[w]	533.33	
Per informazione: Forze nel cerchio di funzionamento:			
Forza tangenziale nominale (N)	[Ftw]	7971.0	
Forza assiale (N)	[Faw]	0.0	
Forza radiale (N)	[Frw]	4307.7	
Velocità periferica cerchio primitivo (m/s)	[v]	7.85	
Velocità periferica cerchio primitivo di funzionamento (m/s)	[v(dw)]	7.88	
Valore rodaggio ( $\mu\text{m}$ )	[yp]	0.8	
Valore rodaggio ( $\mu\text{m}$ )	[yf]	0.9	
Fattore correzione	[CM]	0.800	
Fattore corpo ruota	[CR]	1.000	
Fattore profilo riferimento	[CBS]	1.131	
Coefficiente materiale	[E/Est]	1.000	
Rigidezza dente singola (N/mm/ $\mu\text{m}$ )	[c]	14.808	
Rigidezza d'ingranamento (N/mm/ $\mu\text{m}$ )	[cgalf]	18.784	
Rigidezza d'ingranamento (N/mm/ $\mu\text{m}$ )	[cgbet]	15.966	
Massa ridotta (kg/mm)	[mRed]	0.00742	
No. giri di risonanza (min-1)	[nE1]	24025	
No. giri riferimento (-)	[N]	0.125	
Zona acritica			
Valore rodaggio ( $\mu\text{m}$ )	[ya]	0.8	
Distanza supporto I dell'albero del pignone (mm)	[I]	31.000	
Distanza s dell'albero del pignone (mm)	[s]	3.100	
Diametro esterno albero del pignone (mm)	[dsh]	15.500	
Carico secondo figura 13, ISO 6336-1:2006 [-]		4	

0:a), 1:b), 2:c), 3:d), 4:e)				
Fattore K' secondo figura 13,	ISO 6336-1:2006 [K']	-1.00		
Senza effetto supporto				
Scostamento effettivo della linea fianco ( $\mu\text{m}$ )	[Fby]		4.67	
da deformazione dell'albero ( $\mu\text{m}$ )	[fsh*B1]		4.37	
(fsh ( $\mu\text{m}$ ) = 4.37, B1= 1.00, fHb5 ( $\mu\text{m}$ ) = 5.50)				
Dente senza correzione dell'elica				
Posizione impronta di contatto: favorevole				
da tolleranze di produzione ( $\mu\text{m}$ )	[fma*B2]		14.87	
(B2= 1.00)				
Scostamento linea del fianco, teorico ( $\mu\text{m}$ )	[Fbx]		5.50	
Valore rodaggio ( $\mu\text{m}$ )	[yb]		0.82	
Fattore dinamico	[KV]		1.053	
Fattori larghezza - Fianco	[KHb]		1.066	
- Piede dente	[KFb]		1.046	
- Grippaggio	[KBb]		1.066	
Fattore trasv. - Fianco	[KH <sub>a</sub> ]		1.000	
- Piede dente	[KF <sub>a</sub> ]		1.000	
- Grippaggio	[KB <sub>a</sub> ]		1.000	
Fattore d'elica Grippaggio	[Kbg]		1.000	
N. cicli di carico (in mio.)	[NL]	48.697		27.827

### 3. PORTATA PIEDE

Calcolo dei fattori forma dente secondo metodo: B

		----- RUOTA 1 -----	RUOTA 2 --
Calcolata con lo spostamento del profilo	[x]	0.1534	-0.0528
Fattore profilo dente	[YF]	1.34	1.32
Fattore correzione tensione	[YS]	2.18	2.13
Angolo di lavoro (°)	[alfFen]	30.34	28.74
Braccio leva flessione (mm)	[hF]	3.17	3.28
Spessore piede dente (mm)	[sFn]	5.89	6.08
Raggio piede dente (mm)	[roF]	1.08	1.16
(hF* = 1.267/ 1.312 sFn* = 2.356/ 2.431 roF* = 0.430/ 0.465)			
(dsFn (mm) = 45.203/ 81.775 alfsFn(°) = 30.00/ 30.00 qs = 2.737/ 2.613)			
Fattore inclinazione	[Ybet]		1.000
Fattore dentatura alta	[YDT]		1.000
Fattore di corona dentata	[YB]	1.00	1.00
Larghezza dente determinante (mm)	[beff]	15.50	15.00
Tensione nominale piede del dente (N/mm <sup>2</sup> )	[sigF0]	601.24	601.67
Tensione piede del dente (N/mm <sup>2</sup> )	[sigF]	661.75	662.23
Tensione piede dente consentita dalla ruota dentata di prova			
Fattore sensibilita d'intaglio	[YdrelT]	1.002	1.001
Fattore superficie	[YRrelT]	0.957	0.957
Fattore grandezza (piede dente)	[YX]	1.000	1.000
Fattore resistenza alla fatica limitata	[YNT]	1.000	1.000
	[YdrelT*YRrelT*YX*YNT]	0.959	0.958
Fattore flessione alternata (coefficiente d'influsso tensione media)			

	[YM]	1.000	1.000
Fattore correzione tensione	[Yst]		2.00
Yst*sigFlim (N/mm <sup>2</sup> )	[sigFE]	860.00	860.00
Tensione ammessa del piede del dente (N/mm <sup>2</sup> )	[sigFP=sigFG/SFmin]	824.60	823.67
Resistenza limite del piede del dente (N/mm <sup>2</sup> )	[sigFG]	824.60	823.67
Sicurezza nominale	[SFmin]	1.00	1.00
Fattore di sicurezza per tensione di fondo dente	[SF=sigFG/sigF]	1.25	1.24
Potenza trasmissibile (kW)	[kWRating]	78.29	78.15

#### 4. SICUREZZA FIANCO

		----- RUOTA 1 -----	RUOTA 2 --
Fattore zona	[ZH]		2.179
Fattore di elasticità ( $\sqrt{N/mm}$ )	[ZE]		189.812
Fattore rapporto condotta	[Zeps]		0.938
Fattore inclinazione	[Zbet]		1.000
Larghezza dente determinante (mm)	[beff]		15.00
Pressione di contatto nominale (N/mm <sup>2</sup> )	[sigH0]		1588.93
Pressione di contatto sul dia. primitivo di funz. (N/mm <sup>2</sup> )	[sigHw]		1683.56
Fattore ingranamento singolo	[ZB,ZD]	1.04	1.00
Pressione di contatto (N/mm <sup>2</sup> )	[sigHB, sigHD]	1754.49	1683.56
Coeff. lubrificante (con NL)	[ZL]	1.020	1.018
Coeff. velocità (con NL)	[ZV]	0.993	0.994
Coeff. rugosità (con NL)	[ZR]	0.956	0.960
Coeff. accoppiamento materiale (con NL)	[ZW]	1.000	1.000
Fattore resistenza alla fatica limitata	[ZNT]	1.002	1.045
	[ZL*ZV*ZR*ZNT]	0.971	1.016
Piccolo No. di alveoli consentito:	no		
Coeff. di grandezza (fianco)	[ZX]	1.000	1.000
Pressione di contatto consentita (N/mm <sup>2</sup> )	[sigHP=sigHG/SHmin]	1754.48	1835.57
Resistenza limite al pitting (N/mm <sup>2</sup> )	[sigHG]	1456.21	1523.52
Sicurezza nominale	[SHmin]	0.83	0.83
Sicurezza per pressione sul cerchio primitivo di funzionamento	[SHw]	0.86	0.90
Sicurezza per pressione ingranamento singolo (Sicurezza relativa al momento torcente trasmissibile)	[SHBD=sigHG/sigHBD]	0.83	0.90
	[(SHBD)^2]	0.69	0.82
Potenza trasmissibile (kW)	[kWRating]	62.83	74.69

#### 4b. MICROPITTING (pitting microscopico) SECONDO

ISO/TR 15144-1:2014

Calcolo dello spessore specifico dello strato ammesso

Livello prestazionale del lubrificante secondo il foglio informativo FVA 54/7

10 (Olio: Mobilgear 600 XP 220)

Dati di riferimento test FZG-C:

Momento torcente (Nm)	[T1Ref]	265.1
Carico per unità di lunghezza in coppia di contatto A (N/mm)	[FbbRef,A]	236.3
Temperatura olio (°C)	[theOilRef]	90.0
Temperatura massa (°C)	[theMRef]	127.7
Temperatura di contatto (°C)	[theBRef,A]	251.7

Spessore della fessura di lubrificazione (µm)	[hRef,A]	0.051
Spessore specifico dello strato nel test (µm)	[lamGFT]	0.102
Coefficiente materiale	[WW]	1.00
Spessore specifico dello strato ammesso (µm)	[lamGFP]	0.143

Risultati intermedi in base a

ISO/TR 15144:2014

Coefficiente attrito	[mym]	0.070
Fattore del lubrificante	[XL]	1.000
Fattore rugosità	[XR]	1.166
Temperatura massa (°C)	[theM]	88.7
Fattore spoglia testa	[XCa (A)]	1.000
Fattore di dissipazione	[HV]	0.141
Modulo equivalente E (N/mm <sup>2</sup> )	[Er]	226374
Coefficiente di viscosità-pressione (m <sup>2</sup> /N)	[alf38]	0.02162
Viscosità dinamica (Ns/m <sup>2</sup> )	[etatM]	22.3
Valore medio della rugosità (µm)	[Ra]	0.6

Calcolo di velocità, distribuzione del carico e curvatura dei fianchi secondo il metodo B conformemente a

ISO/TR 15144-1:2014

Ca come assunto in modo ottimale nel calcolo (0=no, 1=si)	0	0	
Calcolo nel punto (0:A, 1:AB, 2:B, 3:C, 4:D, 5:DE, 6:E, -1:No Point)		2	
Diametro (mm)	[dy]	48.548	89.617
Raggio di curvatura compensato (mm)	[pred]		6.990
Fattore di distribuzione del carico	[XY]		1.000
Pressione di contatto (N/mm <sup>2</sup> )	[pH]		1764.486
Pressione di contatto (N/mm <sup>2</sup> )	[pdyn]		1869.573
Spessore minimo specifico dello strato (µm)	[lamGFY]		0.331 (hY=0.199 µm)
Sicurezza contro il micropitting	[Slam(B)]		2.315
(Per i risultati intermedi v. il file: Micropitting_12.tmp)			

## 5. RESISTENZA AL GRIPPAGGIO

Metodo di calcolo secondo ISO TR 13989:2000

Fattore del lubrificante (per il tipo di lubrificazione)

	[XS]	1.000	
Test di grippaggio e stadio di carico	[FZGtest]	FZG - Test A / 8.3 / 90 (ISO 14635 - 1)	12
Fattore di ingranamento multiplo	[Xmp]	1.000	
Fattore struttura relativo (Grippaggio)	[XWrelT]	1.000	
Coefficiente di contatto termico (N/mm/s <sup>0.5</sup> /K)	[BM]	13.780	13.780
Spoglia di testa determinante (µm)	[Ca]	2.00	2.00
Spoglia di testa ottimale (µm)	[Ceff]		36.02
Ca come assunto in modo ottimale nel calcolo (0=no, 1=si)		0	0
Larghezza dente determinante (mm)	[beff]		15.000
Forza tangenziale/larghezza dente determinante (N/mm)	[wBt]		598.752
Kbg = 1.000, wBt*Kbg = 598.752			
Fattore angolo (ε1:0.736, ε2:0.622)	[Xalfbet]		1.114

Criterio temperatura lampo

Fattore del lubrificante	[XL]	0.810
Temperatura massa (°C)	[theMi]	73.48
theMi = theoil + XS*0.47*Xmp*theflm	[theflm]	28.69
Temperatura di grippaggio (°C)	[theS]	342.43
Coordinata Gamma (luogo temperatura più alta)	[Gamma]	0.213
[Gamma.A]=-0.362 [Gamma.E]=0.428		

Temperatura di contatto più alta. (°C)	[theB]	117.89
Fattore temp. istantanea (°K*N <sup>0.75</sup> *s <sup>0.5</sup> *m <sup>0.5</sup> )	[XM]	50.058
Fattore di accesso	[XJ]	1.000
Fattore di distribuzione del carico	[XGam]	1.000
Viscosità dinamica (mPa*s)	[etaM]	67.72 ( 60.0 °C)
Coefficiente attrito	[mym]	0.060
Sicurezza nominale	[SBmin]	2.000
Fattore di sicurezza per grippaggio (temperatura di lampo)	[SB]	4.878
Criterio temperatura integrale		
Fattore del lubrificante	[XL]	1.000
Temperatura massa (°C)	[theMC ]	80.26
theMC = theoil + XS*0.70*theflaint	[theflaint]	28.94
Temp. integrale di grippaggio (°C)	[theSint]	360.78
Fattore temp. istantanea (°K*N <sup>0.75</sup> *s <sup>0.5</sup> *m <sup>0.5</sup> )	[XM]	50.058
Fattore di rodaggio (rodaggio completato)	[XE]	1.000
Fattore rapporto condotta	[Xeps]	0.298
Viscosità dinamica (mPa*s)	[etaOil]	67.72 ( 60.0 °C)
Coefficiente attrito medio	[mym]	0.068
Fattore geometria	[XBE]	0.235
Fattore ingranamento	[XQ]	1.000
Fattore spoglia testa	[XCa]	1.083
Temperatura fianco integrale (°C)	[theint]	123.66
Sicurezza nominale	[SSmin]	1.800
Fattore di sicurezza per grippaggio (Int.-T.)	[SSint]	2.917
Sicurezza per momento da trasferire (Int.-T.)	[SSL]	4.724

## 6. MISURE DI CONTROLLO PER SPESSORE DENTE

		----- RUOTA 1 ----- RUOTA 2 --	
Tolleranza spessore dente	Immissione propria	Immissione propria	
Scarto spessore dente in sezione normale (mm)	[As.e/i]	-0.064 / -0.106	-0.064 / -0.106
N. denti di misura	[k]	4.000	6.000
Quota Wildhaber senza gioco (mm)	[Wk]	26.531	41.340
Quota Wildhaber effettiva (mm)	[Wk.e/i]	26.474 / 26.437	41.284 / 41.246
(mm)	[ΔWk.e/i]	-0.056 / -0.094	-0.056 / -0.094
Diametro di controllo (mm)	[dMWk.m]	51.467	87.588
Diametro teorico del corpo di misura (mm)	[DM]	4.823	4.531
Diametro effettivo del corpo di misura (mm)	[DMeff]	5.000	5.000
Misura radiale con una sfera senza gioco (mm)	[MrK]	29.314	47.674
Misura radiale con una sfera effettiva (mm)	[MrK.e/i]	29.264 / 29.231	47.619 / 47.583
Diametro di controllo (mm)	[dMMr.m]	50.838	87.726
Misura diametrale fra due sfere senza gioco (mm)	[MdK]	58.627	95.256
Misura fra due sfere effettiva (mm)	[MdK.e/i]	58.528 / 58.461	95.148 / 95.075
Misura fra due rulli senza gioco (mm)	[MdR]	58.627	95.256
Misura fra due rulli effettiva (mm)	[MdR.e/i]	58.528 / 58.461	95.148 / 95.075
Misura fra tre rulli senza gioco (mm)	[Md3R]	0.000	95.166
Misura fra tre rulli effettiva (mm)	[Md3R.e/i]	0.000 / 0.000	95.057 / 94.984
Spessore cordale senza gioco (mm)	[sc]	4.329	3.785
Spessore cordale effettivo del dente (mm)	[sc.e/i]	4.266 / 4.223	3.722 / 3.679
Altezza sopra la corda a partire da da.m (mm)	[ha]	2.973	2.404

Spessore dente (arco) (mm)	[sn]	4.335	3.787
(mm)	[sn.e/i]	4.271 / 4.228	3.723 / 3.680
Interasse senza gioco (mm)	[aControl.e/i]	68.881 / 68.801	
Interasse senza gioco, Tolleranze (mm)	[jta]	-0.119 / -0.199	
dNf.i con aControl (mm)	[dNf0.i]	46.434	83.136
Riserva (dNf0.i-dFf.e)/2 (mm)	[cF0.i]	0.213	0.418
Gioco di testa	[c0.i(aControl)]	0.487	0.487
Scostamento interasse (mm)	[Aa.e/i]	0.015 / -0.015	
Gioco primitivo sui fianchi da Aa (mm)	[jtw_Aa.e/i]	0.016 / -0.016	
Gioco radiale (mm)	[jrw]	0.214 / 0.104	
Gioco primitivo (sezione trasversale) (mm)	[jtw]	0.230 / 0.112	
Angolo di torsione con ruota 1 tenuta ferma (°)		0.2998 / 0.1460	
Gioco normale sui fianchi (mm)	[jnw]	0.203 / 0.099	

## 7. TOLLERANZE DENTATURA

----- RUOTA 1 ----- RUOTA 2 --

Secondo ISO 1328:1995		7	7
Qualità della dentatura	[Q-ISO1328]	7	7
Scostamento singolo del passo (µm)	[fptT]	11.00	12.00
Deviazione passo cerchio base (µm)	[fpbT]	9.70	10.60
Errore cumulato di passo su k/8 (µm)	[Fpk/8T]	16.00	21.00
Errore di forma del profilo (µm)	[ffaT]	11.00	12.00
Errore angolare del profilo (µm)	[fHaT]	9.00	10.00
Errore totale di profilo (µm)	[FaT]	14.00	16.00
Errore di forma dell'elica (µm)	[ffbT]	10.00	11.00
Errore angolare dell'elica (µm)	[fHbT]	10.00	11.00
Errore totale di elica (µm)	[FbT]	14.00	15.00
Errore cumulato totale di passo (µm)	[FpT]	30.00	38.00
Deviazione concentricità (µm)	[FrT]	24.00	30.00
Errore totale composto tangenziale (µm)	[FisT]	56.00	66.00
Errore di salto tangenziale (µm)	[fisT]	27.00	28.00
Errore totale composto radiale (µm)	[FidT]	37.00	43.00
Salto radiale (µm)	[fidT]	13.00	13.00
Tolleranze posizione assi (raccomandazione sec. ISO TR 10064:1992, qualità 7)			
Valore massimo disallineamento dell'asse (µm)	[fSigbet]		15.50 (Fb= 15.00)
Valore massimo inclinazione dell'asse (µm)	[fSigdel]		31.00

## 8. DATI COMPLEMENTARI

Asse massimo possibile (eps_a=1.0)	[aMAX]	70.214	
Massa - calcolata con da (kg)	[Mass]	0.296	0.785
Massa complessiva (kg)	[Mass]		
1.081			
Momento d'inerzia (sistema riferito alla ruota 1):			
Calcolo non considerando la forma esatta del dente			
Ruote singolare ((da+df)/2...di) (kg*m²)	[TraeghMom]	7.481e-005	0.0006463
System ((da+df)/2...di) (kg*m²)	[TraeghMom]	0.0002859	
Rigidità contro torsione (MNm/rad)	[cr]	0.1	0.4
Coefficiente d'attrito medio (secondo Niemann)	[mum]		0.074
Striscamento d'usura secondo Niemann	[zetw]		0.639
Potenza dissipata dalla dentatura (kW)	[PVZ]		0.651
(Rendimento dentatura (%))	[etaz]		98.964)

## 9. DETERMINAZIONE DELLA FORMA DEL DENTE

Dati per il calcolo della forma del dente:

Dati non a disposizione.

## 10. DURATA, DANNI

Sicurezza richiesta piede del dente	[SFmin]	1.00
Sicurezza richiesta fianco del dente	[SHmin]	0.83

Vita utile (calcolo con sicurezze richieste):

Durata sistema (h)	[Hatt]	271
--------------------	--------	-----

Durata piede dente (h)	[HFatt]	1e+006	1e+006
Durata fianco dente (h)	[HHatt]	270.5	1e+006

Nota: L'indicazione 1e+006 h significa che la durata di servizio (di vita) è > 1.000.000 h.

Danneggiamento, calcolato sulla base della durata di servizio di sistema

				[Hatt] ( 270.5 h)
F1%	F2%	H1%	H2%	
0.00	0.00	100.00	0.00	

### OSSERVAZIONI:

- I dati con [e/i] significano: valore massimo [e] e valore minimo [i] tenendo conto di tutte le tolleranze  
I dati con [m] significano: valore medio tolleranza
- Le tolleranze dell'interasse e gli scarti dello spessore del dente sono considerate nel gioco dei fianchi. Viene indicato il gioco massimo e minimo in funzione degli scarti maggiori o inferiori. Il calcolo è fatto per il cerchio di funzionamento..
- Dettagli relativi al metodo di calcolo:
  - cg secondo metodo B
  - KV secondo metodo B
  - KHb, KFb secondo metodo C
  - fma sec. equazione (64), fsh sec. (57/58), Fbx sec. (52/53/54)
  - KHa, KFa secondo metodo B
- Per quanto riguarda i fattori ZL, ZV, ZR, ZW, ZX, YdreIT, YRrelT e YX, si indica il valore interpolato logicamente dai valori per il limite di fatica e la resistenza statica sulla base del numero dei cicli di carico.

# **KISSsoft Esercizio 8**

## **Ruota cilindrica**

**Coppia cilindrica tecnica di precisione**

**Parte 2: Progettazione di una dentatura a profilo alto**

**KISSsoft AG**

Rosengartenstrasse 4  
8608 Bubikon  
Switzerland

Tel: +41 55 254 20 50  
Fax: +41 55 254 20 51  
info@KISSsoft.AG  
www.KISSsoft.AG

# 1 Compito

Il meccanismo d'azionamento di una caldaia (macchina da caffè automatica) è composto da un gruppo di ruote a vite, azionate mediante motore elettrico, e da una coppia cilindrica posta a valle.

La coppia cilindrica deve essere completamente riprogettata al fine di ridurre la rumorosità.

Il rumore (vibrazioni generate dall'ingranamento) può essere ridotto in modo sostanziale attraverso un ricoprimento di profilo intero.

**In questa seconda fase, la dentatura dovrà essere progettata come dentatura a profilo alto con ricoprimento di profilo = 2.0 (nella zona evolvente della forma del dente).**

Presupposti per questo esercizio: utilizzare i dati dell'esercizio 8 (1a parte) – oppure il file "Training\_CylGear\_Exercise8-1.Z12".

## 1.1 Indicazioni:

- L'interasse non deve essere modificato;
- La larghezza del dente non deve essere aumentata;
- Raggiungimento della vita richiesta;
- Il rapporto di trasmissione  $Z2 / Z1$  può variare al massimo del 2%.

## 1.2 Importanti informazioni supplementari

Il primo stadio del riduttore (ruota a vite) è composta da una vite senza fine in bronzo e da una ruota in POM. Secondo il calcolo della resistenza, questa dentatura presenta i seguenti fattori di sicurezza:

	----- VITE -----	RUOTA ----	
<u>PORTATA PITTING E USURA</u>			
Sicurezza per pressione	[SH=sigHG/sigH]	2.867	0.467
<u>PORTATA PIEDE</u>			
Fattore di sicurezza per tensione di fondo dente	[SF=sigFG/sigF]	3.16	0.46

### 1.2.1 Indicazioni strategiche per il dimensionamento

- La resistenza della coppia cilindrica nella versione attuale (secondo il protocollo della 1a parte dell'esercizio con piede  $SF > 5.74$  e fianco  $SH > 2.35$ ) è decisamente superiore rispetto alla resistenza della coppia ruota – vite senza fine. Le sicurezze al piede e al fianco della nuova dentatura possono pertanto essere ridotte, senza temere problemi di durata.
- Gli ingranaggi costruiti di stampo devono avere gli spigoli di testa arrotondati. E' consigliato inserire il raggio di raccordo alla testa da subito, in modo da avere direttamente a disposizione tutti i dati (es. Ricoprimento, etc) calcolati considerando l'arrotondamento.
- Lo spessore minimo necessario della testa del dente in KISSsoft è impostato di default a  $0.2 \cdot \text{modulo}$ . Per gli ingranaggi in materiale sintetico (con arrotondamento dello spigolo di testa) questo valore è piuttosto basso sarebbe meglio considerare un valore di  $0.25 \cdot \text{modulo}$ . La progettazione di precisione tiene in considerazione dello spessore minimo alla testa del dente ed eventualmente scarta le soluzioni che non lo raggiungono.
- Considerare che, con l'avanzare della progettazione, sulla testa del dente dovranno essere aggiunte correzioni di profilo. Si avrà pertanto una certa perdita a livello del ricoprimento di profilo.

## 1.3 Procedimento per giungere alla soluzione

Si tratta di un esempio tratto dalla pratica, per il quale emergono sempre una serie di altri problemi. In questo caso ci si risparmierà molto tempo iniziando a riflettere in anticipo sui possibili problemi legati alla progettazione. Riportiamo di seguito una breve guida.

### 1.3.1 Deviazioni dello spessore dente dal teorico

Come già appurato nella 1a parte del compito, le deviazioni dello spessore del dente dal teorico sono grandi. Al fine di ottenere un maggiore ricoprimento di profilo, per esperienza occorre ridurre il modulo. La deviazione di spessore del dente ( $mn=1.5$ ) ora è di circa  $-0.26$  mm. Se lo spessore del dente è  $= mn \cdot \pi/2 = 2.35$  mm ciò corrisponde all'11%. Se si riduce il modulo, ad es. fino a  $mn=0.75$ , si otterrà una deviazione dello spessore del dente del 22%. Si tratta di un valore molto alto e bisogna trovare una soluzione prima di andare avanti.

Come provvedimento – secondo quanto dedotto dalle riflessioni della 1a parte – la cosa migliore da fare è modificare il materiale della ruota, passando da PA a POM, riducendo in questo modo massicciamente il rigonfiamento (il POM presenta al massimo lo 0,5% di crescita di volume per effetto del rigonfiamento).  
Attenzione: utilizzare il POM della VDI 2545 e non il POM della VDI 2736.

Compito A): calcolare il gioco necessario della dentatura nel caso in cui come materiale della ruota si selezioni il POM. (Provate a supporre che venga utilizzato un altro POM, dalle caratteristiche leggermente diverse da quelle del pignone con coefficiente di dilatazione termica POM sec. il database KISSsoft  $\{45 \cdot 10^{-6}/K\}$ ).

Compito B): prima di cercare una geometria del dente con un ricoprimento di profilo maggiore, prendere nota dei valori allo stato attuale (sicurezze al piede e al fianco), in modo da poter confrontare le nuove soluzioni con quelle esistenti.

Compito C): se si cerca una soluzione con un ricoprimento di profilo maggiore, tenere presente che – anche se la resistenza non è critica (come in questo caso) – dovrete evitare il più possibile di modificare eccessivamente il modulo, in modo da non allontanarvi troppo dalla soluzione attuale. (Consigliamo di non modificare il modulo di oltre  $\pm 50\%$ ).



## 2 Soluzione

### 2.1 Errori più ricorrenti nell'eseguire questo compito

Per questo tipo di problemi non esiste una soluzione ottimale, ma solo qualche buona idea e molti approcci sbagliati! Questa guida può pertanto fornire solo alcune indicazioni riguardo la strategia da adottare.

### 2.2 Compito A

Variazioni necessarie:

-modificare il materiale del secondo ingranaggio da PA a POM e modificare il coefficiente di dilatazione termica da  $110 \cdot 10^{-6}/K$  a  $45 \cdot 10^{-6}/K$ ;

-Inserire il fattore di assorbimento d'acqua relativo = 0.5%.

Eseguendo il calcolo "gioco sui fianchi in esercizio" si ottengono i seguenti valori per avere gioco nullo.

Suggerimento per il minor scarto di spessore del dente possibile ( $j_{tw,i} = 0$ ):

[Asn.e]	-0.074 mm	-0.124 mm
[Asn.i]	-0.134 mm	-0.184 mm

Inserire questi valori nella scheda tolleranze.

---

KISSsoft Release 03/2016 $\beta$			
KISSsoft-Entwicklungs-Version	KISSsoft AG	CH-8608 BUBIKON	
File			
Nome	:	Training_CylGear_Exercise8-2	
Modificato da:	vschirru	il: 09.02.2016	alle: 16:15:19

---

Gioco sui fianchi al collaudo e gioco sui fianchi in servizio (DIN3967)

Immissioni:

Deviazione spessore dente (superiore)	(mm)	[Asn.e]	-0.074	-0.124
(inferiore)	(mm)	[Asn.i]	-0.134	-0.184
Deviazione interasse (superiore)	(mm)	[Aa.e]	0.030	
(inferiore)	(mm)	[Aa.i]	-0.030	
Temperatura di riferimento (Temperatura ambiente durante la produzione)	(°C)	[Tref]	20	
Temperatura carter	(°C)	[TC]	0.00 ... 40.00	
Materiale: X46Cr13				
Coefficiente dilatazione termico carter	( $10^{-6}/^{\circ}C$ )	[alfaC]	10.500	
Temperatura del ingranaggio	(°C)	[TR]	0.00 ... 40.00	
Differenza di temperatura ammessa	(°C)	[TR-TC]	0.00 ... 5.00	
Coef. dilatazione termico ruote	( $10^{-6}/^{\circ}C$ )	[alfaW]	40.000	45.000
Assorbimento d'acqua	(%)	[wVol]	0.50	0.50
Materiale plastico rinforzato con fibre (0=no, 1=si)			0	0
Coefficiente di dilatazione con immissione di acqua		[wLin]	0.00167	0.00167
Accuratezza allineamento assi			10	ISO TR 10064
Distanza media tra cuscinetti	(mm)	[LG]	30.0	
Disallineamento dell'asse	(mm)	[fSigmabeta]	0.042	
Deviazione concentricità : Non viene tenuto in considerazione				

Risultati:

Modifica dell'interasse con:

Riscaldamento	(mm)	[DaC]	0.011	Carter
	(mm)	[DaW]	-0.048	Ruote dentate

Cambiamento gioco tramite:

Tolleranza interasse	(mm)	[Dja.e/i]	0.022/-0.022	
Rigonfiamento dovute ad assorbimento d'acqua (mm)		[DjQ]	-0.066	
Riscaldamento	(mm)	[Djtheta min]	-0.029	
Aparallelismo degli assi	(mm)	[DjSigmabeta]	-0.021	
Deviazioni singole dentatura	(mm)	[DjF]	-0.068	-0.069

Gioco sui fianchi teorico (Cerchio riferimento)

- Gioco primitivo

(min.)	(mm)	[jt.i]	0.176
(max.)	(mm)	[jt.e]	0.340

Gioco sui fianchi teorico (Cerchio primitivo di funzionamento)

- Gioco primitivo

(min.)	(mm)	[jtw.i]	0.176
(max.)	(mm)	[jtw.e]	0.340

Gioco sui fianchi al collaudo

- Gioco primitivo

(min.)	(mm)	[jtw.a.i]	0.096
(max.)	(mm)	[jtw.a.e]	0.275

Gioco minimo sui fianchi in esercizio

- Combinazione di temperature

Temperatura del ingranaggio	(°C)	[TR]	40.00
Temperatura carter	(°C)	[TC]	35.00

- Gioco primitivo

(min.)	(mm)	[jtwop.i]	0.001
(max.)	(mm)	[jtwop.e]	0.180

- Gioco normale tra i denti

(min.)	(mm)	[jnwop.i]	0.001
(max.)	(mm)	[jnwop.e]	0.169

- Gioco radiale

(min.)	(mm)	[jrwop.i]	0.001
(max.)	(mm)	[jrwop.e]	0.235

- Angolo di torsione con ruota 1 tenuta ferma

(min.)	(°)	[Dphit.i]	0.0014
(max.)	(°)	[Dphit.e]	0.2366

Commenti:

Variazione del passo	(µm)	[Del_pt]	11.616	12.087
Errore di passo dovuto a dilatazione	(µm)	[Errfpt]	0.471	
In % sull'errore di passo consentito	(%)	[%Err]	1.6	
Gioco di testa minimo	(mm)	[c.i]	0.316	
Riduzione del gioco di testa in %	(%)	[%c.i]	29.3	
Rapporto di condotta trasversale		[epsa.e/i]	1.610/1.583	

Gioco massimo sui fianchi in esercizio

- Combinazione di temperature

Temperatura del ingranaggio	(°C)	[TR]	0.00
Temperatura carter	(°C)	[TC]	0.00

- Gioco primitivo

	(min.)	(mm)	[jtwop.i]	0.057
	(max.)	(mm)	[jtwop.e]	0.235
- Gioco normale tra i denti				
	(min.)	(mm)	[jnwop.i]	0.053
	(max.)	(mm)	[jnwop.e]	0.221
- Gioco radiale				
	(min.)	(mm)	[jrwop.i]	0.074
	(max.)	(mm)	[jrwop.e]	0.308
- Angolo di torsione con ruota 1 tenuta ferma				
	(min.)	(°)	[Dphit.i]	0.0744
	(max.)	(°)	[Dphit.e]	0.3096

Commenti:

Variazione del passo	( $\mu\text{m}$ )	[Del_pt]	4.076	3.605
Errore di passo dovuto a dilatazione	( $\mu\text{m}$ )	[Errfpt]	0.471	
In % sull'errore di passo consentito	(%)	[%Err]	1.6	
Gioco di testa minimo	(mm)	[c.i]	0.392	
Riduzione del gioco di testa in %	(%)	[%c.i]	12.2	
Rapporto di condotta trasversale		[epsa.e/i]	1.581/1.530	

Commento:

Il calcolo viene eseguito con l'angolo di pressione di esercizio.

## 2.3 Compito B

La cosa migliore è introdurre le seguenti impostazioni:

Attivare l'arrotondamento testa (ad es. 0,1 mm) per le ruote 1 e 2 sotto "Calcolo" -> scheda "Correzioni" e specificando il rispettivo arrotondamento.

Indicare lo spessore minimo del dente sotto "Calcolo" -> "Regolazioni", scheda "Informazioni generali":

Sotto "Protocollo" -> "Valutazione" viene generato il seguente report, contenente un'analisi della dentatura secondo gli stessi criteri adottati nella progettazione di precisione.

KISSsoft Release 03/2016 $\beta$	
KISSsoft-Entwicklungs-Version	KISSsoft AG CH-8608 BUBIKON
File	
Nome :	Training_CylGear_Exercise8-2
Modificato da:	vschirru il: 09.02.2016 alle: 16:18:25
Valutazione dentatura ruota cilindrica	
Questa valutazione serve solo per il paragone con l'ottimizzazione fine (Ottimizzazione fine: Modulo KISSsoft Z4, Z4a) (Generalmente vale: Più piccola la cifra, tanto meglio!)	
Variazione rigidità	0.058
Peso	0.155 kg
Strisciamento specifico	98.730
Velocità di strisciamento	0.150 m/s
AC/AE	0.543
Sicurezza	0.196
Perdita in % (1.0-Rendimento totale)	1.608
Valutazione complessiva (ponderata)	0.192 (approx.!)
Dettagli relativi alla rigidità	
Rigidità d'ingranamento calcolata dal profilo dente	
Valori medi secondo ISO:	
Rigidità dente singola c' (N/mm/ $\mu$ m)	0.146
Rigidità del ingranamento cg (N/mm/ $\mu$ m)	0.210

Valutazione complessiva (ponderata):

50.0%:del\_cg 20.0%:diff\_i 100.0%:kg 35.0%:Slide 0.0%:v.Slide  
0.0%:AC/AE 10.0%:1-eta 100.0%:Safety

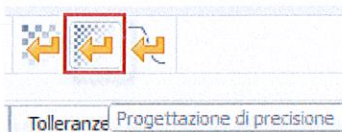
Inoltre, prendere nota dei fattori di sicurezza:

Risultati			
Risultati			
Ricoprimenti (profilo/elica/totale)	1.498 /	0.000 /	1.498
	<b>Ruota 1</b>	<b>Ruota 2</b>	
Cerchio di testa effettivo (mm)	25.500	90.000	
Sicurezza a piede dente	5.509	8.287	
Sicurezza fianchi	2.346	2.827	
Sicurezza a flessione dente	2.920		

## 2.4 Compito C

Attivando l'opzione corrispondente la progettazione di precisione consente di generare direttamente dentature a profilo alto.

Richiamare la funzione "progettazione di precisione":



Scheda "Indicazioni I":

Progettazione di precisione				
Indicazioni I				
Massimo numero di soluzioni		1000		
Rapporto nominale/scostamento in +/-%	$i, i_c$	3.8567	2.0000	
		Minimo	Massimo	Passo
Modulo normale	$m_n$	0.8000	1.5000 mm	0.1000 mm <input checked="" type="checkbox"/>
Angolo di pressione in sezione normale	$\alpha_n$	12.0000	20.0000 °	2.0000 °
Angolo d'elica sul diametro primitivo	$\beta$	0.0000	0.0000 °	0.0000 °
Interasse	$a$	54.7500	54.7500 mm	0.0000 mm <input type="checkbox"/>
Intervallo fattore di spostamento profilo	$x^*$	-0.6000	1.0000	
		Ruota 1	Ruota 2	
Diametro massimo di testa	$d_{z_{max}}$	999999.0000	999999.0000 mm	
Diametro minimo di piede	$d_{z_{min}}$	0.0000	0.0000 mm	
Mantenimento del numero di denti	$z$	0 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>	
Mantenimento del fattore di spostamento del profilo	$x^*$	0.0000 <input type="checkbox"/>	0.0000 <input type="checkbox"/>	
Larghezza dente	$b$	15.0000	16.0000 mm <input type="checkbox"/>	

I parametri di variazione sono: scostamento in %, modulo normale (nell'esempio impostato da 0.8 a 1.5 con passo di 0.1) e angolo di pressione da 12° a 20° con passo di 2°!

All'interno della scheda "Indicazioni III", attivare l'opzione "Dentatura alta". A tale scopo indicare il ricoprimento di profilo desiderato. Un valore nominale di 2.1 appare essere ragionevole, poiché successivamente il rapporto verrà ulteriormente ridotto per effetto delle modifiche di profilo. Non è consigliabile indicare un valore maggiore, ad es. 2.3, poiché in questo modo si ridurrebbe fortemente il numero di soluzioni (come dimostrato quando si lavora con la progettazione di precisione).

Per gli ingranaggi utilizzati per la costruzione di stampi, si consiglia inoltre di impostare i margini dNf-dFf e dFF-db a 0.0, poiché essi non sono necessari se successivamente andranno ad aggiungersi le modifiche alla testa e al piede. (Il numero delle possibili soluzioni verrebbe altrimenti inutilmente limitato.)

Una volta eseguito il calcolo, sotto la scheda "Risultati" compare la seguente videata:

Nr.	a [mm]	m <sub>n</sub> [mm]	α [°]	β [°]	z <sub>1</sub>	z <sub>2</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	h <sup>+</sup> <sub>a2</sub>	h <sup>-</sup> <sub>a2</sub>	ε <sub>α</sub>
0:	<b>54.750</b>	<b>1.500</b>	<b>20.000</b>	<b>0.000</b>	<b>15</b>	<b>58</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
1	54.750	0.800	12.000	0.000	28	107	0.638	0.430	1.128	1.128	
2	54.750	0.800	12.000	0.000	28	107	0.738	0.330	1.151	1.151	
3	54.750	0.800	12.000	0.000	28	108	0.607	-0.140	1.135	1.135	
4	54.750	0.800	14.000	0.000	28	107	0.534	0.501	1.192	1.192	
5	54.750	0.800	14.000	0.000	28	108	0.443	0.017	1.172	1.172	
6	54.750	0.800	14.000	0.000	28	108	0.543	-0.083	1.195	1.195	
7	54.750	0.800	14.000	0.000	28	109	0.476	-0.538	1.146	1.146	
8	54.750	0.800	16.000	0.000	28	108	0.394	0.060	1.240	1.240	
9	54.750	0.800	16.000	0.000	28	109	0.297	-0.359	1.185	1.185	
10	54.750	0.800	16.000	0.000	28	109	0.397	-0.459	1.207	1.207	
11	54.750	0.800	18.000	0.000	28	108	0.184	0.267	1.282	1.282	
12	54.750	0.800	18.000	0.000	28	109	0.187	-0.249	1.247	1.247	
13	54.750	0.800	20.000	0.000	28	110	-0.005	-0.539	1.247	1.247	

Nota:

La variante con il no.0, non è una proposta nuova, ma mostra i dati della soluzione attuale nel KISSsoft 'Dati base'.

Potete eliminare questa linea, se preferite:

⊙ Progettazione di precisione

Indicazioni I
Indicazioni II
Indicazioni III
Risultati
Grafica

In più come variante con numero 0 visualizzare i dati dello calcolo principale

Premendo il pulsante "Protocollo", viene lanciata un'analisi dei risultati. Al termine, si avrà un riepilogo delle soluzioni trovate in relazione alle varianti di dentatura.

**DETERMINAZIONE DI VARIANTI DI DENTATURA**

No.	mn	alfa	beta	Z1	Z2	X1+X2	X1	Ea	Eb	Eg	Slide	i	diff_i	SF1	SF2								
SH1	SH2SB			SInt	hfP*/haP*																		
1	0.80	12.0	0.0	28	107	+1.068	+0.638	2.10	0.00	2.10	-2.74-1.84	3.82-1.2		3.12	3.75	2.38	2.87	-1.00	-1.00	1.378/1.128			
2											+0.738	2.10	0.00	2.10	-2.03-2.01		3.13	3.73	2.38	2.87	-1.00	-1.00	1.401/1.151
3	0.80	12.0	0.0	28	108	+0.467	+0.607	2.10	0.00	2.10	-2.45-2.47	3.86-0.2		3.09	3.70	2.25	2.71	-1.00	-1.00	1.385/1.135			
4	0.80	14.0	0.0	28	107	+1.034	+0.534	2.10	0.00	2.10	-2.59-1.47	3.82-1.2		3.25	4.00	2.49	3.00	-1.00	-1.00	1.442/1.192			
5	0.80	14.0	0.0	28	108	+0.459	+0.443	2.10	0.00	2.10	-2.95-1.75	3.86-0.2		3.22	4.03	2.38	2.86	-1.00	-1.00	1.422/1.172			
6											+0.543	2.10	0.00	2.10	-2.18-1.91		3.25	4.00	2.38	2.86	-1.00	-1.00	1.445/1.195
7	0.80	14.0	0.0	28	109	-0.062	+0.476	2.10	0.00	2.10	-2.46-2.38	3.89+0.7		3.28	3.95	2.25	2.71	-1.00	-1.00	1.396/1.146			
8	0.80	16.0	0.0	28	108	+0.454	+0.394	2.10	0.00	2.10	-2.38-1.43	3.86-0.2		3.37	4.31	2.50	3.01	-1.00	-1.00	1.490/1.240			
9	0.80	16.0	0.0	28	109	-0.062	+0.297	2.10	0.00	2.10	-2.97-1.63	3.89+0.7		3.37	4.32	2.39	2.88	-1.00	-1.00	1.435/1.185			
10											+0.397	2.10	0.00	2.10	-2.21-1.78		3.41	4.27	2.39	2.88	-1.00	-1.00	1.457/1.207
11	0.80	18.0	0.0	28	108	+0.450	+0.184	2.10	0.00	2.10	-2.82-1.04	3.86-0.2		3.42	4.60	2.61	3.15	-1.00	-1.00	1.532/1.282			
12	0.80	18.0	0.0	28	109	-0.062	+0.187	2.10	0.00	2.10	-2.71-1.25	3.89+0.7		3.47	4.63	2.52	3.04	-1.00	-1.00	1.497/1.247			
13	0.80	20.0	0.0	28	110	-0.545	-0.005	2.10	0.00	2.10	-2.96-1.08	3.93+1.6		3.56	4.95	2.55	3.09	-1.00	-1.00	1.497/1.247			

Nessun risultato trovato (Modulo 0.900000 mm)

Nessun risultato trovato (Modulo 1.000000 mm)

Nessun risultato trovato (Modulo 1.100000 mm)

Nessun risultato trovato (Modulo 1.200000 mm)

Nessun risultato trovato (Modulo 1.300000 mm)

Nessun risultato trovato (Modulo 1.400000 mm)

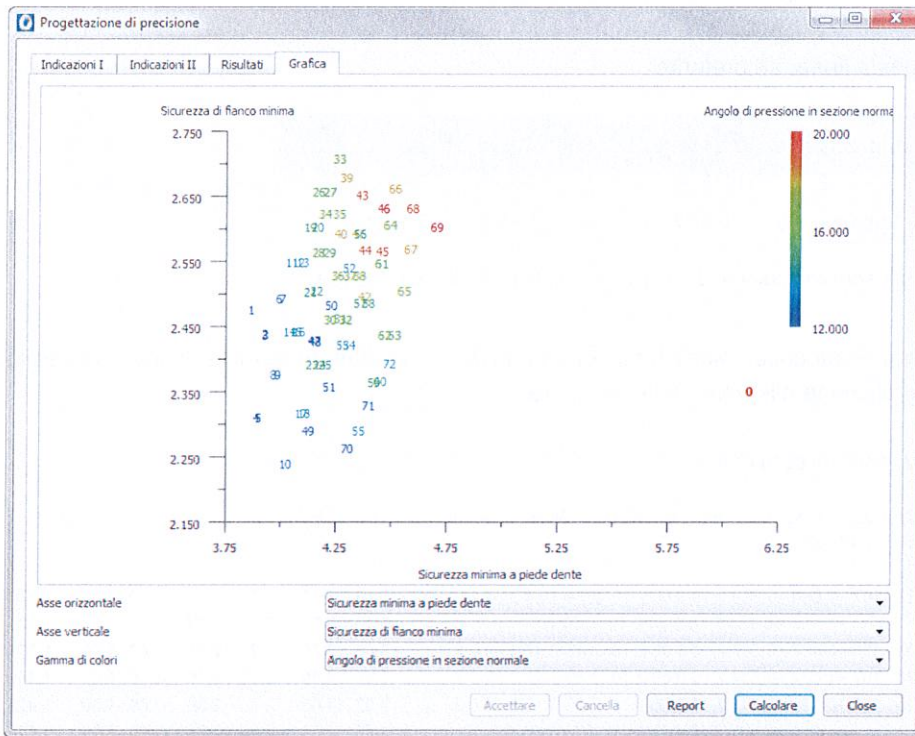
Nessun risultato trovato (Modulo 1.500000 mm)

Le soluzioni proposte riguardano solo il modulo 0.8; evidentemente con moduli maggiori il numero di denti del pignone sarebbe troppo basso per raggiungere un ricoprimento di profilo di 2.1!

Si consiglia di effettuare un secondo passaggio, variando il modulo da 0.75 a 0.85 con passo 0.05 ed eventualmente con angolo di pressione compreso da 12° a 20°, passo 1°.

Come risultato, si ottengono circa 77 soluzioni.

Attraverso la scheda "Grafica" si ha una panoramica ottimale delle soluzioni; ad esempio, impostando la schermata come nella pagina seguente si nota che con angoli di pressione inferiori, le sicurezze al piede e al fianco risultano decisamente più basse.



Si vedono pochi dettagli, perché la soluzione no. 0 è visualizzato. Si vede dunque subito, che le sicurezze piede di tutte le proposte (da no. 1 in su) sono più basse, paragonato con il no.0. Questo è logico, perché il modulo delle proposte è  $\leq 0.75$  mm, mentre il no.0 ha  $mn=1.5$  mm.

Togliendo la soluzione no.0, il grafico permette di vedere meglio le differenze tra le diverse proposte:



Per non ridurre eccessivamente le sicurezze al piede (rispetto al dimensionamento originario), l'angolo di pressione deve essere  $\geq 16^\circ$  (il ricoprimento di profilo è per tutte le varianti 2.1).

Si consiglia di effettuare un terzo passaggio con modulo 0.75/0.8/0.85 e angolo di pressione da 16 a 20, passo 1. Come risultato, si ottengono ancora oltre 30 soluzioni.

Ai fini di un'ulteriore valutazione, attraverso il pulsante "report" è importante effettuare l'analisi dei risultati:

ANALISI DEI RISULTATI (Valutazione di proprietà importanti)									
(Generalmente vale in questa tabella: Più piccola la cifra, tanto meglio!)									
No.	diff_i	kg	Slide	v.Slide	AC/AE	del_cg	1-eta	Safety	Summary
1	-1.724	0.150	2.654	0.098	0.513	0.039	1.260	0.282	0.205
2	-1.724	0.150	2.138	0.100	0.476	0.039	1.260	0.276	0.200
3	-0.862	0.150	2.566	0.100	0.472	0.016	1.258	0.282	0.197
4	-0.862	0.150	2.025	0.108	0.433	0.015	1.258	0.276	0.192
5	0.000	0.149	2.437	0.109	0.426	0.011	1.256	0.277	0.188
6	0.000	0.149	1.877	0.116	0.387	0.012	1.256	0.272	0.182
7	0.000	0.149	1.719	0.124	0.348	0.011	1.256	0.269	0.180
8	-1.724	0.151	2.830	0.104	0.549	0.039	1.260	0.280	0.206
9	-1.724	0.150	2.302	0.097	0.513	0.039	1.260	0.272	0.199
10	-0.862	0.150	2.766	0.096	0.511	0.016	1.258	0.279	0.198
11	-0.862	0.150	2.204	0.100	0.473	0.016	1.257	0.272	0.191
12	0.000	0.150	2.667	0.100	0.468	0.011	1.256	0.273	0.187
13	0.000	0.150	2.078	0.108	0.429	0.011	1.256	0.267	0.181
14	0.000	0.150	1.648	0.115	0.391	0.011	1.256	0.262	0.177
15	-1.724	0.151	2.980	0.110	0.585	0.042	1.260	0.279	0.206
16	-0.862	0.151	2.931	0.103	0.548	0.015	1.258	0.277	0.198
17	-0.862	0.151	2.363	0.096	0.511	0.015	1.258	0.268	0.191
18	0.000	0.151	2.852	0.095	0.508	0.011	1.256	0.271	0.188
19	0.000	0.150	2.257	0.099	0.470	0.012	1.256	0.263	0.181
20	0.862	0.150	2.724	0.100	0.465	0.008	1.253	0.261	0.190
21	0.000	0.151	2.991	0.102	0.547	0.011	1.256	0.270	0.189
22	0.000	0.151	2.395	0.095	0.509	0.011	1.255	0.261	0.181
23	0.862	0.151	2.898	0.094	0.506	0.008	1.253	0.260	0.191
24	0.862	0.151	2.277	0.099	0.467	0.008	1.253	0.252	0.184
25	0.862	0.151	2.408	0.094	0.507	0.008	1.253	0.251	0.184
26	-0.246	0.150	2.376	0.116	0.427	0.015	1.345	0.280	0.191
27	0.677	0.150	2.966	0.117	0.419	0.011	1.342	0.280	0.198
28	0.677	0.150	2.206	0.125	0.380	0.011	1.343	0.275	0.191
29	-0.246	0.151	2.614	0.107	0.466	0.015	1.345	0.276	0.191
30	0.677	0.150	2.479	0.116	0.423	0.011	1.343	0.270	0.191
31	-0.246	0.151	2.816	0.101	0.504	0.015	1.345	0.273	0.191
32	0.677	0.151	2.707	0.107	0.463	0.011	1.343	0.267	0.191
33	0.677	0.151	2.904	0.100	0.502	0.011	1.343	0.266	0.192
34	1.601	0.152	2.960	0.099	0.500	0.008	1.341	0.255	0.196

ANALISI DEI RISULTATI																				
(con indicazione del no. delle varianti in ordine decrescente)																				
Miglior variante riguardo al rapporto di trasmissione:							5	6	7	12	13	14	18	19	21	22 ...				
Soluzioni ottimali riguardo al peso minimo:	7	6	5	14	4	13	3	2	28	12 ...										
Varianti ideali riferite all'attrito (AC/AE):	7	28	6	14	27	30	5	26	13	4 ...										
Migliore variante riguardo alla variazione della rigidità:											25	34	24	23	20	33	32	30	28	22 ...
Miglior variante riguardo alla resistenza:	25	24	34	23	20	22	14	19	33	13 ...										
Complessivamente le migliori varianti (Summary):	14	7	19	22	13	6	24	25	12	5 ...										

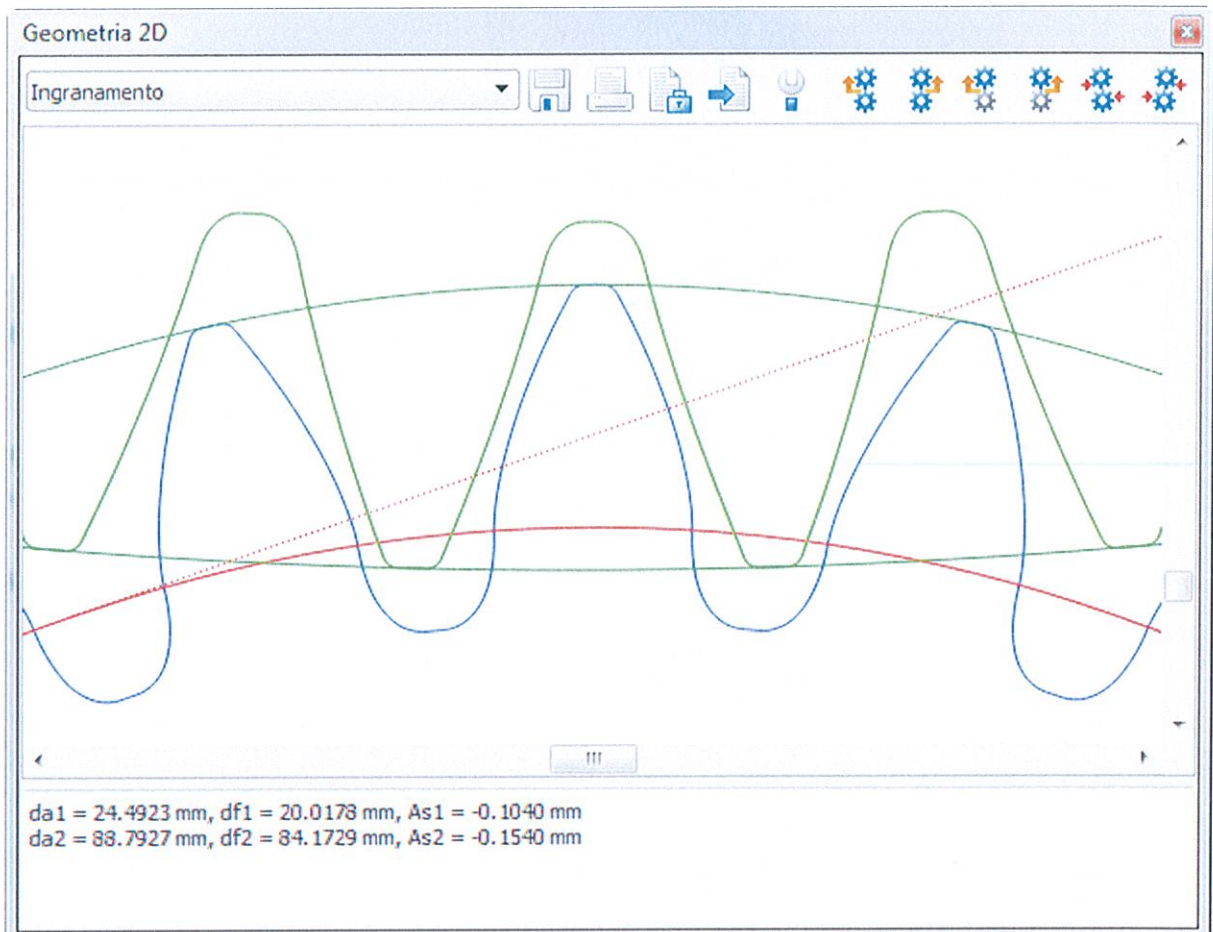
Dal punto di vista delle proprietà valutate, le soluzioni sono molto simili. In base agli ulteriori criteri, le soluzioni con scostamento del rapporto di trasmissione  $> 1\%$  o  $> 0.5\%$  devono essere scartate.



Se è molto importante che il rapporto di trasmissione sia  $i = 3.8667$ , le soluzioni verdi nel grafico con uno scostamento del rapporto di trasmissione di circa 0 sono le migliori. Nel grafico la soluzione n°22, ha la sicurezza fianco tra le più elevate e lo scostamento del rapporto di trasmissione nullo.

La procedura migliore è quella di eseguire l'una o l'altra variante e di analizzare la forma del dente.

Qui sotto proponiamo come esempio la variante 22:



Le forme di dente di entrambe le ruote sono bilanciate, lo spessore del dente consente anche l'applicazione di scarichi di testa nella fase successiva.



# **KISSsoft Esercizio 8**

## **Ruota cilindrica**

### **Coppia cilindrica tecnica di precisione**

### **Parte 1: Determinazione del gioco necessario per la dentatura**

**KISSsoft AG**

Rosengartenstrasse 4  
8608 Bubikon  
Switzerland

Tel: +41 55 254 20 50  
Fax: +41 55 254 20 51  
info@KISSsoft.AG  
www.KISSsoft.AG

# 1 Compito

Il meccanismo d'azionamento di una caldaia (macchina da caffè automatica) è composto da un gruppo di ruote a vite, azionate mediante motore elettrico, e da una coppia cilindrica posta a valle.

La coppia cilindrica deve essere completamente riprogettata al fine di ridurre la rumorosità.

In questa prima fase occorrerà determinare il gioco della dentatura (tolleranze spessore dente), per evitare un possibile inceppamento durante il funzionamento.

## 1.1 Gli ingranaggi finora utilizzati secondo i dati ricavati dai disegni sono i seguenti:

### Pignone:

No. denti	15	
Larghezza dentatura (mm)	15.000	
Modulo normale (mm)	1.5000	
Angolo d'elica (grd)	0.0000	
Angolo di pressione in sezione normale (grd)	20.0000	
Materiale	POM (VDI2545), Termoplastico	
Profilo riferimento	1.25 / 0.25 / 1.0 ISO 53.2 Profilo C	
Fattore di addendum	[haP*]	1.000
Fattore di dedendum	[hfP*]	1.250
Fattore raggio testa	[rhoaP*]	0.000
Fattore raggio piede	[rhofP*]	0.250
Fattore addendum di forma	[hFaP*]	0.000
Fattore altezza protuberanza	[hprP*]	0.000
Angolo protuberanza	[alfprP]	0.000
Angolo di semi-topping	[alfKP]	0.000
		non topping
Qualità della dentatura in base a DIN 3961	10	
Fattore spostamento	0.0000	
Diametro primitivo riferimento (mm)	22.500	
Diametro di testa (mm)	25.500 ( 0.000 / -0.025)	
Diametro di piede (mm)	18.750	
Nota: La tolleranza spessore dente è da determinare con il calcolo 'Gioco sui fianchi in esercizio'. L'intervallo di tolleranza spessore dipende dal processo di fabbricazione, per ingranaggi in plastica prodotto al iniezione, l'intervallo di tolleranze deve essere almeno 0.060 mm.		

### Ruota:

No. denti	58	
Larghezza dentatura (mm)	16.000	
Modulo normale (mm)	1.5000	
Angolo d'elica (grd)	0.0000	
Angolo di pressione in sezione normale (grd)	20.0000	
Materiale	PA66 (VDI2736), Termoplastico	
Profilo riferimento	1.25 / 0.25 / 1.0 ISO 53.2 Profilo C	
Fattore di addendum	[haP*]	1.000
Fattore di dedendum	[hfP*]	1.250
Fattore raggio testa	[rhoaP*]	0.000
Fattore raggio piede	[rhofP*]	0.250
Fattore addendum di forma	[hFaP*]	0.000
Fattore altezza protuberanza	[hprP*]	0.000
Angolo protuberanza	[alfprP]	0.000

Angolo di semi-topping	[alfKP]	0.000	non topping
Qualità della dentatura in base a DIN 3961	10		
Fattore spostamento		0.0000	
Diametro primitivo riferimento (mm)		87.000	
Diametro di testa (mm)		90.000	( 0.000 / -0.025)
Diametro di piede (mm)		83.250	

### Interasse, lubrificazione, carico:

Interasse (mm)	[a]	54.750	
Tolleranza interasse	[Aa.e/i]	0.030 / -0.030	
Modo lubrificazione		Lubrificazione con grasso	
Tipo di grasso		Grasso: Microlube GB 0	
Temperatura grasso (°C)	[theOil]	60.000	
Temperatura ambiente (°C)	[theUm]	20.000	
Metodo calcolo	Materiale plastico in base a VDI 2545-modificato (YF Metodo B)		
Potenza nominale (W)	[P]	30.5000	
No. giri (1/min)	[n]	300.0	77.6
Momento torsione (Nm)	[T]	0.971	3.754
Fattore d'applicazione	[KA]	1.00	
Durata vita in ore	[H]	100.00	

Coefficiente dilatazione termico del pignone in POM :		40 (10 <sup>-6</sup> /°C)
Coefficiente dilatazione termico della ruota in PA66 :		35 (10 <sup>-6</sup> /°C)
Carter:	Acciaio inossidabile X46Cr13	
Temperatura carter	Θ <sub>c</sub>	0 - 40 °C
Variazione temperatura corpo ruote	Θ <sub>gear</sub>	0 - 40 °C
Differenza massima possibile tra carter e ruote:	Θ <sub>c</sub> - Θ <sub>gear</sub>	+0 - +5°C
Assorbimento d'acqua	PA66:	2.00 (%)
	POM :	0.50 (%)
Classe di precisione posizione asse		10
Distanza media tra cuscinetti (mm)		30.0
Indicazione: Per la differenza (tolleranza) tra spessore dente massimo à minimo bisogna prevedere circa 0.080 mm		

### Calcolo della resistenza:

Per questo esercizio consigliamo di scegliere il metodo "VDI2736". Per il pignone prendete il POM(VDI2545) – con i dati della curva SN secondo VDI2545 (nella VDI2736 mancano dati per il fianco).

Controllate il coefficiente di dilatazione termica dei materiali: Se non corrispondono al valore che viene proposto dal data base di KISSsoft, cambiate il materiale su 'Immissione propria' e adattate il coefficiente.

## 1.2 Ulteriori domande

1. Quale dei seguenti effetti "tolleranza interasse, parallelismo assi, tolleranze di fabbricazione, riscaldamento, rigonfiamento" influisce maggiormente sul gioco necessario della dentatura?
2. Come valutate il gioco della dentatura da voi appena calcolato? Rispetto alle dentature consuete per questa tipologia di ingranaggi, come definireste in questo caso la riduzione dello spessore dente: leggera, normale, grande o estremamente grande?
3. Per evitare una riduzione così ampia degli spessori dente, quali provvedimenti consigliereste?



## 2 Soluzione

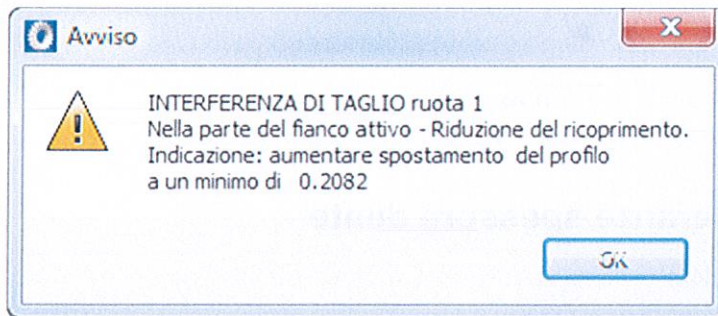
### 2.1 Errori più ricorrenti nell'eseguire questo compito

Indicazione di una potenza errata (30.5 kW anziché 30.5 W!).

Coefficiente di dilatazione termica del pignone non impostato correttamente.

### 2.2 Primo problema: messaggio d'errore "Interferenza ingranamento"

Questo messaggio compare molto spesso quando si ricalcolano gli ingranaggi partendo dai disegni. Nella progettazione degli ingranaggi, numerosi programmi di calcolo non verificano la presenza di eventuali interferenze d'ingranamento.



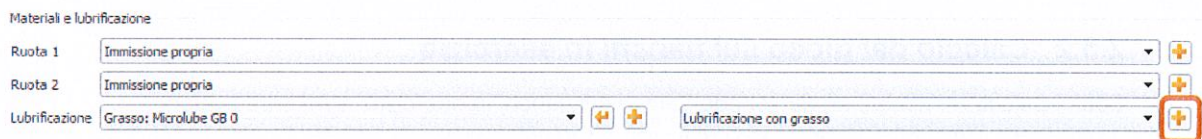
#### Rimedio:

Variante a): poiché si deve modificare (ottimizzare) in ogni caso la geometria dell'ingranaggio, continuare senza reagire.

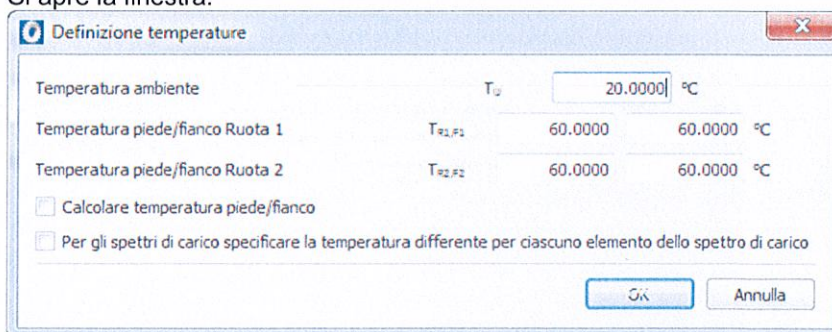
Variante b): il messaggio indica, che c'è interferenza tra la testa della ruota 2 e il piede del pignone. Se si inserisce un raggio di raccordo alla testa della ruota, l'interferenza si può ridurre o addirittura evitare. Sotto "Calcolo" nella scheda "Correzioni", inserire un arrotondamento di testa (per la produzione di stampo di ingranaggi in materiale sintetico o sinterizzato, appare essere la soluzione più logica rispetto ad uno smusso di testa). Il raggio di arrotondamento di testa è normalmente circa  $= 0.1..0.15 \cdot mn$ .

### 2.3 Secondo problema: Introdurre la temperatura di piede e fianco

Utilizzare il pulsante + alla destra della lubrificazione:



Si apre la finestra:



La temperatura al piede e al fianco è di 60°.

## 2.4 Indicazione del coefficiente di dilatazione termica del pignone

Il coefficiente di dilatazione termica =  $110 \cdot 10^{-6}/K$  indicata nel database KISSsoft per il materiale POM non corrisponde col valore richiesto di  $\alpha = 40 \cdot 10^{-6}/K$ .

Tale coefficiente può essere modificato all'interno della sezione "Materiali e lubrificazione" attraverso l'elenco "a tendina", selezionando come materiale la voce POM (VDI2545). Premendo il pulsante + alla destra del materiale e vistando "Inserimento dati personalizzati", si potrà modificare il coefficiente di dilatazione termica nel campo corrispondente. Ripetere poi per il PA66 (VDI2736)  $\alpha = 35 \cdot 10^{-6}/K$ .

Materiali e lubrificazione

Ruota 1 Immissione propria +

Definizione materiale Ruota 1 X

Inserimento dati personalizzati +

Denominazione POM (VDI2545) +

Coefficiente dilatazione termica  $\alpha$  40.0000  $10^{-6}/^{\circ}C$

## 2.5 Determinazione tolleranze spessore dente

La procedura più efficace è la seguente:

### 2.5.1 Impostazione tolleranza spessore dente "senza gioco"

Dati base	Profilo di riferimento	Finitura	Tolleranze	Correzioni	Carico	Fattori	Σ Gioco sui fianchi in esercizio
Scarti							
Ruota 1				Ruota 2			
Tolleranza spessore dente		Senza gioco		Senza gioco			
Scarto di spessore dente (superiore/inferiore)	$A_{\alpha 1}$	0.0000	0.0000 mm	$A_{\alpha 2}$	0.0000	0.0000 mm	
Scarto della quota (Wildhaber (superiore/inferiore)	$A_{\alpha 1}$	0.0000	0.0000 mm	$A_{\alpha 2}$	0.0000	0.0000 mm	
Gioco normale sui fianchi (superiore/inferiore)	$j_1$	0.0000	0.0000 mm	$j_2$	0.0000	0.0000 mm	
Gioco primitivo sui fianchi (superiore/inferiore)	$j_1$	0.0000	0.0000 mm	$j_2$	0.0000	0.0000 mm	
Scarto cerchio di testa (superiore/inferiore)	$A_{\alpha 2}$	0.0000	-0.0250 mm	$A_{\alpha 2}$	0.0000	-0.0250 mm	
Scarto cerchio di piede (superiore/inferiore)	$A_{\alpha 1}$	0.0000	0.0000 mm	$A_{\alpha 1}$	0.0000	0.0000 mm	

Inserimenti all'interno della scheda "Tolleranze".

### 2.5.2 Calcolo del gioco sui fianchi in esercizio

Sotto "Calcoli" -> richiamare la scheda "Gioco sui fianchi in esercizio" e inserire i valori:

Dati base	Profilo di riferimento	Finitura	Tolleranze	Correzioni	Carico	Fattori	Σ Gioco sui fianchi in esercizio
Influssi dovuti a imprecisioni di fabbricazione							
<input checked="" type="checkbox"/> Considerare il disallineamento dell'asse				Classe di precisione allineamento assi secondo ISO 10064			
<input checked="" type="checkbox"/> Considerare l'errore di fabbricazione secondo DIN 3967				Classe di precisione Q 10			
<input type="checkbox"/> Considerare l'errore di concentricità				Distanza tra cuscinetti $L_3$ 30.0000 mm			
Influssi durante il funzionamento							
Intervallo di temperatura scatola (min./max.)	$T_c$	0.0000	40.0000 $^{\circ}C$	Assorbimento relativo d'acqua in caso di rigonfiamento $\varphi_{102.1}$	0.5000 Vol%	<input type="checkbox"/> rinforzi in fibre di vetro	
Intervallo di temperatura ruote dentate (min./max.)	$T_d$	0.0000	40.0000 $^{\circ}C$	Assorbimento relativo d'acqua in caso di rigonfiamento $\varphi_{102.2}$	2.0000 Vol%	<input type="checkbox"/> rinforzi in fibre di vetro	
Differenza di temperatura ammessa (min./max.)	$T_{20} = T_d - T_c$	0.0000	5.0000 $^{\circ}C$	Temperatura di riferimento	$T_{ref}$	20.0000 $^{\circ}C$	
Materiale scatola X46Cr13, Acciaio inossidabile, legato, bonificato							
Denominazione							
Coefficiente dilatazione termica scatola $\alpha_c$ 10.5000 $1E-6/^{\circ}C$							

Una volta eseguito il "calcolo", nella "finestra dei risultati" viene indicato il gioco sui fianchi in esercizio (con tolleranze interasse, scostamenti di fabbricazione, dilatazioni termiche, rigonfiamenti, etc.); il protocollo di calcolo completo può essere richiamato attraverso l'icona "Crea protocollo":

Risultati			
Gioco minimo sui fianchi in esercizio:			
Gioco primitivo	[jwop.ive]	-0.349 mm	-0.290 mm
Angolo di torsione con ruota 1 tenuta ferma	[Dphit.ive]	-0.4593 °	-0.3264 °
Errore di passo dovuto a dilatazione	[Errfpf]	23.067 µm	
Gioco di testa minimo	[c.:]	0.006 mm	
Rapporto di condotta trasversale	[epsa.e/i]	1.605	1.600
Gioco massimo sui fianchi in esercizio:			
Gioco primitivo	[jwop.ive]	-0.306 mm	-0.248 mm
Angolo di torsione con ruota 1 tenuta ferma	[Dphit.ive]	-0.4030 °	-0.3260 °
Errore di passo dovuto a dilatazione	[Errfpf]	24.010 µm	
Gioco di testa minimo	[c.:]	0.065 mm	
Rapporto di condotta trasversale	[epsa.e/i]	1.605	1.600
a) Suggerimento per il minor scarto di spessore del dente possibile (j <sub>vv.i</sub> = 0):			
	[Δsn.e]	-0.175 mm	-0.175 mm
	[Δsn.i]	-0.175 mm	-0.175 mm
b) Suggerimento per il minor scostamento interasse possibile (j <sub>vv.i</sub> = 0):			
	[Δsa.e/i]	0.510 mm	0.450 mm

### 2.5.3 Indicazione del gioco minimo sui fianchi

Per ottenere un gioco primitivo di funzionamento vicino a zero bisogna aumentare il gioco primitivo di 0.349 mm. Nella finestra "Risultati" viene indicato un suggerimento per gli scarti spessore dente con -0.175mm.

Ciò può essere nuovamente effettuato all'interno della scheda "Tolleranze", inserendo il valore in corrispondenza della voce "Gioco primitivo".

Nota:

di norma è opportuno indicare uno scostamento leggermente inferiore per la ruota con il numero minore di denti, poiché in questo modo lo spessore critico del dente sulla testa si riduce di meno.

Nell'esempio, il valore 0.349 è stato ripartito tra la ruota 1 e la ruota 2, con rispettivamente 0.150 e 0.200 mm. A questo valore bisogna aggiungere l'intervallo di tolleranza di 0.060 mm.

Dati base	Profilo di riferimento	Finitura	Tolleranze	Correzioni	Carico	Fattori	Gioco sui fianchi in esercizio			
Scarti										
				Ruota 1		Ruota 2				
Tolleranza spessore dente				Immissione propria		Immissione propria				
Scarto di spessore dente (superiore/inferiore)	A <sub>21</sub>	-0.1500	-0.2100	mm	↕	A <sub>21</sub>	-0.2000	-0.2600	mm	↕
Scarto della quota Wildhaber (superiore/inferiore)	A <sub>21s</sub>	-0.1410	-0.1973	mm	↕	A <sub>21s</sub>	-0.1879	-0.2443	mm	↕
Gioco normale sui fianchi (superiore/inferiore)	j <sub>1</sub>	0.1410	0.1973	mm	↕	j <sub>1</sub>	0.1879	0.2443	mm	↕
Gioco primitivo sui fianchi (superiore/inferiore)	j <sub>1</sub>	0.1500	0.2100	mm	↕	j <sub>1</sub>	0.2000	0.2600	mm	↕
Scarto cerchio di testa (superiore/inferiore)	A <sub>22</sub>	0.0000	-0.0250	mm	↕	A <sub>22</sub>	0.0000	-0.0250	mm	↕
Scarto cerchio di piede (superiore/inferiore)	A <sub>27</sub>	0.0000	0.0000	mm	↕	A <sub>27</sub>	0.0000	0.0000	mm	↕

## 2.5.4 Risultato finale

File

Nome : Training\_CylGear\_Exercise8-1  
 Modificato da: vschirru il: 09.02.2016 alle: 14:22:20

### Gioco sui fianchi al collaudo e gioco sui fianchi in servizio (DIN3967)

#### Immissioni:

Deviazione spessore dente (superiore)	(mm)	[Asn.e]	-0.150	-0.200
(inferiore)	(mm)	[Asn.i]	-0.210	-0.260
Deviazione interasse (superiore)	(mm)	[Aa.e]	0.030	
(inferiore)	(mm)	[Aa.i]	-0.030	
Temperatura di riferimento	(°C)	[Tref]	20	
(Temperatura ambiente durante la produzione)				
Temperatura carter	(°C)	[TC]	0.00 ... 40.00	
Materiale: X46Cr13				
Coefficiente dilatazione termico carter	(10 <sup>-6</sup> /°C)	[alfaC]	10.500	
Temperatura del ingranaggio	(°C)	[TR]	0.00 ... 40.00	
Differenza di temperatura ammessa	(°C)	[TR-TC]	0.00 ... 5.00	
Coef. dilatazione termico ruote	(10 <sup>-6</sup> /°C)	[alfaW]	40.000	35.000
Assorbimento d'acqua	(%)	[wVol]	0.50	2.00
Materiale plastico rinforzato con fibre (0=no, 1=si)				
Coefficiente di dilatazione con immissione di acqua		[wLin]	0	0
			0.00167	0.00666
Accuratezza allineamento assi				
			10	ISO TR 10064
Distanza media tra cuscinetti	(mm)	[LG]	30.0	
Disallineamento dell'asse	(mm)	[fSigmabeta]	0.042	
Deviazione concentricità : Non viene tenuto in considerazione				

#### Risultati:

Modifica dell'interasse con:

Riscaldamento	(mm)	[DaC]	0.011	Carter
	(mm)	[DaW]	-0.039	Ruote dentate

Cambiamento gioco tramite:

Tolleranza interasse	(mm)	[Dja.e/i]	0.022/-0.022	
Rigonfiamento dovute ad assorbimento d'acqua (mm)		[DjQ]	-0.225	
Riscaldamento	(mm)	[Djtheta min]	-0.022	
Aparallelismo degli assi	(mm)	[DjSigmabeta]	-0.021	
Deviazioni singole dentatura	(mm)	[DjF]	-0.068	-0.069

#### Gioco sui fianchi teorico (Cerchio riferimento)

- Gioco primitivo

(min.)	(mm)	[jt.i]	0.328
(max.)	(mm)	[jt.e]	0.492

#### Gioco sui fianchi teorico (Cerchio primitivo di funzionamento)

- Gioco primitivo

(min.)	(mm)	[jtw.i]	0.328
(max.)	(mm)	[jtw.e]	0.492

#### Gioco sui fianchi al collaudo

- Gioco primitivo

(min.)	(mm)	[jtw.a.i]	0.248
(max.)	(mm)	[jtw.a.e]	0.427

**Gioco minimo sui fianchi in esercizio**

## - Combinazione di temperature

Temperatura del ingranaggio	(°C)	[TR]	40.00
Temperatura carter	(°C)	[TC]	35.00

## - Gioco primitivo

(min.)	(mm)	[jtwop.i]	0.001
(max.)	(mm)	[jtwop.e]	0.180

## - Gioco normale tra i denti

(min.)	(mm)	[jnwop.i]	0.001
(max.)	(mm)	[jnwop.e]	0.169

## - Gioco radiale

(min.)	(mm)	[jrwop.i]	0.002
(max.)	(mm)	[jrwop.e]	0.235

## - Angolo di torsione con ruota 1 tenuta ferma

(min.)	(°)	[Dphit.i]	0.0016
(max.)	(°)	[Dphit.e]	0.2368

## Commenti:

Variazione del passo	(µm)	[Del_pt]	11.616	34.683
Errore di passo dovuto a dilatazione	(µm)	[Errfpt]	23.067	
In % sull'errore di passo consentito	(%)	[%Err]	76.9	
Gioco di testa minimo	(mm)	[c.i]	0.212	
Riduzione del gioco di testa in %	(%)	[%c.i]	61.6	
Rapporto di condotta trasversale		[epsa.e/i]	1.605/1.600	

**Gioco massimo sui fianchi in esercizio**

## - Combinazione di temperature

Temperatura del ingranaggio	(°C)	[TR]	0.00
Temperatura carter	(°C)	[TC]	0.00

## - Gioco primitivo

(min.)	(mm)	[jtwop.i]	0.044
(max.)	(mm)	[jtwop.e]	0.223

## - Gioco normale tra i denti

(min.)	(mm)	[jnwop.i]	0.041
(max.)	(mm)	[jnwop.e]	0.209

## - Gioco radiale

(min.)	(mm)	[jrwop.i]	0.058
(max.)	(mm)	[jrwop.e]	0.291

## - Angolo di torsione con ruota 1 tenuta ferma

(min.)	(°)	[Dphit.i]	0.0579
(max.)	(°)	[Dphit.e]	0.2932

## Commenti:

Variazione del passo	(µm)	[Del_pt]	4.076	28.086
Errore di passo dovuto a dilatazione	(µm)	[Errfpt]	24.010	
In % sull'errore di passo consentito	(%)	[%Err]	80.0	
Gioco di testa minimo	(mm)	[c.i]	0.271	
Riduzione del gioco di testa in %	(%)	[%c.i]	50.9	
Rapporto di condotta trasversale		[epsa.e/i]	1.605/1.590	

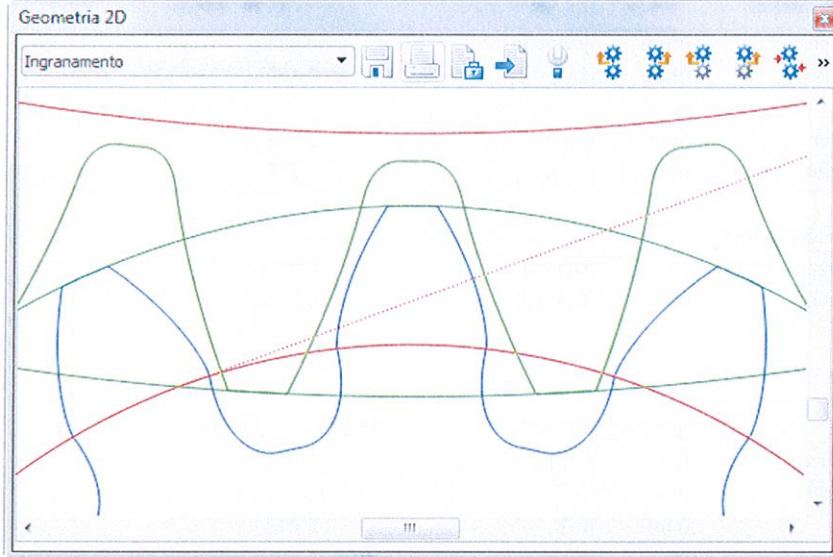
## Commento:

Il calcolo viene eseguito con l'angolo di pressione di esercizio.

## 2.6 Controllo finale

Quando si richiama la rappresentazione in 2D, occorre assolutamente controllare a video le tolleranze di spessore del dente appena definite.

Spesso, le tolleranze calcolate con questo metodo sono talmente grandi da far diventare il dente estremamente sottile. Molte volte ciò dipende dal fatto che le indicazioni fornite nei progetti sono tutte leggermente esagerate e il calcolo, pertanto, fornisce tolleranze elevate.



Già in questo grafico si può notare come la riduzione dello spessore del dente sia estremamente significativa.

### Rimedio:

- Impostare le tolleranze d'interasse anziché a +/- a 0+
- Evitare possibili rigonfiamenti (non utilizzare PA come materiale)

### 2.6.1 Ulteriori domande

1. Nel report con il calcolo del gioco troverete la voce "Cambiamento gioco tramite...". Da qui risulta chiaro che il rigonfiamento è il fattore che più influisce sulla riduzione del gioco.
2. Il gioco della dentatura va da "grande" a "estremamente grande": nell'ambito dell'eventuale successiva ottimizzazione della rumorosità (con ad es. riduzione del modulo) ciò potrebbe risultare problematico.
3. La riduzione delle tolleranze è possibile utilizzando un materiale con una minore tendenza al rigonfiamento rispetto al PA66 (ad es. POM). Un'altra soluzione, in questo caso però meno significativa, sarebbe quella di impostare la tolleranza dell'interasse a 0/+ e ridurre l'angolo di pressione.

### 3 Protocollo di calcolo

File

Nome : Training\_CylGear\_Exercise8-1  
Modificato da: vschirru il: 09.02.2016 alle: 14:22:20

#### CALCOLO DI UNA COPPIA DI RUOTE CILINDRICHE A DENTATURA DIRITTA

Numero disegno/articolo:  
Ruota 1: 0.000.0  
Ruota 2: 0.000.0

Metodo di calcolo Materiale plastico in base a VDI 2736:2013 (YF Metodo C)

----- RUOTA 1 ----- RUOTA 2 --

Potenza (W)	[P]	30.500	
N. di giri (1/min)	[n]	300.0	77.6
Momento torcente (Nm)	[T]	0.971	3.754
Fattore d'applicazione	[KA]		1.00
Vita utile richiesta (h)	[H]	100.00	
Ruota conduttrice (+) / condotta (-)		+	-
Fianco di lavoro ruota 1: Fianco destro			
Sistema di costruzione: riduttore in carcassa parzialmente chiuso			

#### 1. GEOMETRIA DENTE E MATERIALE

(Calcolo geometrico secondo

DIN 3960:1987)

----- RUOTA 1 ----- RUOTA 2 --

Interasse (mm)	[a]	54.750	
Scostamento interasse (mm)	[Aa.e/i]	0.030 / -0.030	
Modulo normale (mm)	[mn]	1.5000	
Angolo di pressione normale (°)	[alfn]	20.0000	
Angolo d'elica sul diametro primitivo (°)	[beta]	0.0000	
N. di denti	[z]	15	58
Larghezza dente (mm)	[b]	15.00	16.00
Elica			Dentatura diritta
Qualità della dentatura	[Q-DIN 3961:1978]	10	10
Diametro interno (mm)	[di]	0.00	0.00
Diametro interno della fasciatura (mm)	[dbi]	0.00	0.00

Materiale

Ruota 1: (Eigene Eingabe) POM (VDI2545), Termoplastico (POM, PPA, etc.), non trattato  
VDI2545[S B F Wd WORM]

Curva Woehler tensione piede del dente dal file Z014-100.DAT  
Curva di Woehler pressione di Hertz dal file Z014-100.DAT

Ruota 2: (Eigene Eingabe) PA66 (VDI2736), Termoplastico PA, non trattato  
VDI2736[S B Fog Wd WORM]

Curva Woehler tensione piede del dente dal file Z014-PA66\_VDI2736.DAT  
Curva di Woehler pressione di Hertz dal file Z014-PA66\_VDI2736.DAT

----- RUOTA 1 ----- RUOTA 2 --

Temperatura piede del dente (°C)	[TR]	60.0	60.0
Temperatura fianco (°C)	[TF]	60.0	60.0
Resistenza piede del dente per NL (N/mm <sup>2</sup> )	[σFadm]	41.20	37.10

Resistenza pressione di Hertz per NL (N/mm <sup>2</sup> )	[σHadm]	64.90	76.80
Resistenza alla rottura (N/mm <sup>2</sup> )	[σB]	50.80	20.00
Limite di snervamento (N/mm <sup>2</sup> )	[σS]	46.00	18.00
Modulo di elasticità (N/mm <sup>2</sup> )	[E]	2400	680
Coefficiente di Poisson	[ν]	0.440	0.400
Valore medio della rugosità Ra, fianco (μm)	[RAH]	1.05	1.05
Valore medio della rugosità Ra, piede (μm)	[RAF]	1.05	1.05
Valore massimo della rugosità Rz, fianco (μm)	[RZH]	8.00	8.00
Valore massimo della rugosità Rz, piede (μm)	[RZF]	8.00	8.00

Profilo di riferimento della ruota

1 :

Profilo di riferimento	1.25 / 0.25 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profilo C		
Fattore di dedendum	[hfP*]		1.250
Fattore raggio piede	[rhofP*]		0.250 (rhofPmax*=0.472)
Fattore di addendum	[haP*]		1.000
Fattore raggio testa	[rhoaP*]		0.000
Fattore altezza protuberanza	[hprP*]		0.000
Angolo protuberanza	[alfprP]		0.000
Fattore addendum di forma	[hFaP*]		0.000
Angolo di semi-topping	[alfKP]		0.000

non topping

Profilo di riferimento della ruota

2 :

Profilo di riferimento	1.25 / 0.25 / 1.0 ISO 53.2:1997 Profilo C		
Fattore di dedendum	[hfP*]		1.250
Fattore raggio piede	[rhofP*]		0.250 (rhofPmax*=0.472)
Fattore di addendum	[haP*]		1.000
Fattore raggio testa	[rhoaP*]		0.000
Fattore altezza protuberanza	[hprP*]		0.000
Angolo protuberanza	[alfprP]		0.000
Fattore addendum di forma	[hFaP*]		0.000
Angolo di semi-topping	[alfKP]		0.000

non topping

Riepilogo profilo di riferimento degli ingranaggi:

Altezza piede profilo di riferimento	[hfP*]	1.250	1.250
Raggio piede profilo di riferimento	[rofP*]	0.250	0.250
Altezza testa profilo di riferimento	[haP*]	1.000	1.000
Fattore altezza protuberanza	[hprP*]	0.000	0.000
Angolo protuberanza (°)	[alfprP]	0.000	0.000
Fattore addendum di forma	[hFaP*]	0.000	0.000
Angolo di semi-topping (°)	[alfKP]	0.000	0.000

Modifica del profilo:nessuno (soltanto valore rodagg

Spoglia di testa (μm)	[Ca]	19.1	18.8
-----------------------	------	------	------

Tipo di lubrificazione

Tipo di grasso		Lubrificazione con grasso	
Base lubrificante		Grasso: Microlube GB 0	
Visc. cin. nomin. olio base a 40 Grad (mm <sup>2</sup> /s)	[nu40]	400.00	
Visc. cin. nomin. olio base a 100 Grad (mm <sup>2</sup> /s)	[nu100]	25.00	
FZG-Test A/8.3/90 passo	[FZGtestA]	12	
Densità spec. a 15 gradi (kg/dm <sup>3</sup> )	[roOil]	0.900	

----- RUOTA 1 ----- RUOTA 2 --